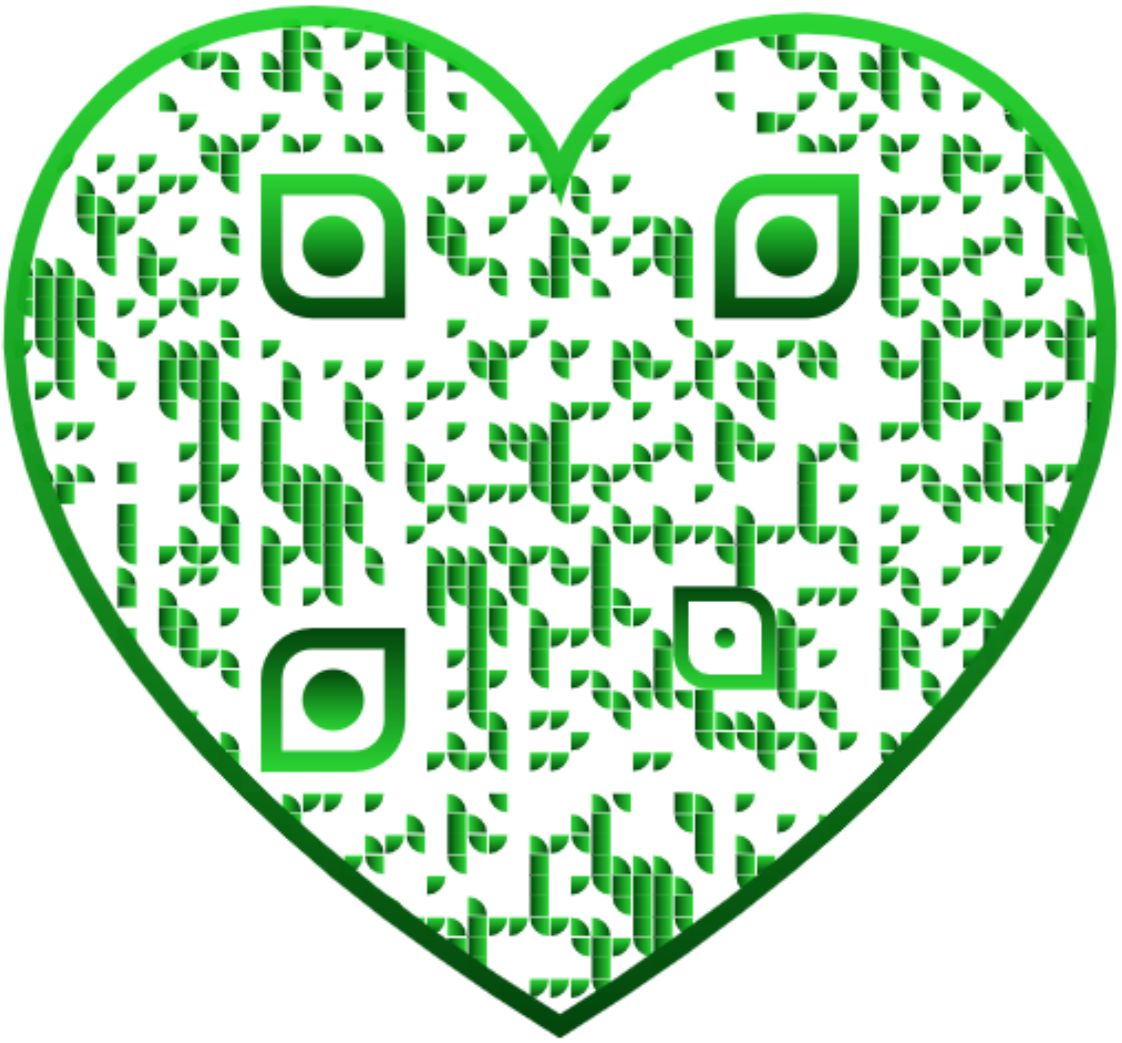
Henri Charlent • Patrick Agostini

EDITIONS LE MONITEUR

TRAITÉ DES **INSTALLATIONS SANITAIRES** ET **THERMIQUES**

17e édition

DUNOD



Illustrations de couverture :
Haut gauche : © malerapaso / istockphoto.com
Haut droite : © FactoryTh / istockphoto.com
Bas droite : © K-Paul / istockphoto.com
Bas gauche : © mishelvs / istockphoto.com

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.
Le Code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.
Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).

DANGER
LE PHOTOCOPILLAGE TUE LE LIVRE

© Dunod, 2009, 2015, 2018
11 rue Paul Bert, 92240
www.dunod.com
ISBN 978-2-10-077893-5

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).
Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

RECOMMANDATIONS

Cet ouvrage a été conçu pour vous permettre de trouver facilement les informations nécessaires à la réalisation de votre métier.

Il est destiné à un public de professionnels, d'élèves en cours de formation, d'apprentis et plus généralement à toute personne ayant les bases du métier qui recherche des informations plus complètes sur un domaine particulier.

Le métier d'installateur sanitaire a beaucoup évolué ces dernières années par l'évolution des matériaux et matériels utilisés (apparition des matériaux de synthèse, des résines d'étanchéité, évolution de l'outillage…), et par la forte évolution réglementaire (loi sur l'eau, normalisation européenne, nouveaux DTU…).

Il continue d'évoluer en permanence et nécessite de la part des professionnels une formation ou une recherche d'informations perpétuelle.

Malgré cette nouvelle édition actualisée, il faudra veiller en permanence à consulter les éventuelles modifications de la réglementation et des normes.

Cet ouvrage reprend en partie seulement les normes, DTU, réglementations, règles de l'art… mais ne se substitue pas à ceux-ci. Il est donc de la responsabilité du lecteur de s'assurer de la validité des informations contenues dans ce livre au moment de son utilisation (changement de réglementation, évolution des produits, des règles de construction…).

Cette nouvelle édition tient compte des nouvelles normes et des normes révisées. Elle s'enrichit de nouveaux encarts permettant par exemple de trouver plus directement les informations relatives à la pratique.

L'outil internet permet de faciliter le travail de recherche d'informations, mais attention, il faut s'assurer que ces informations sont fiables car on trouve beaucoup d'informations « périmées » (unités interdites d'usage, anciennes normes…), et sur certains sites, on trouve des articles rédigés par les utilisateurs eux-mêmes (wikipédia, sites de tchat, conseils de dépannage…).

Une liste de sites utiles se trouve à la fin de l'ouvrage pour vous permettre d'approfondir vos connaissances.

Il est recommandé de lire les thèmes traités dans leur intégralité afin d'avoir une vision d'ensemble sur le sujet.

SOMMAIRE

Recommandations V
Liste des abréviations XXIII

1
MÉMENTO TECHNIQUE

1 Système international SI 1
1.1 Unités 1
1.2 Multiples et sous-multiples 3
1.3 Règles utiles d'écriture des symboles et des unités 6
1.4 Alphabet grec 9
1.5 Unités anglaises et américaines 10
2 Grandeurs caractéristiques et conversions 11
2.1 Masse et poids 11
2.2 Température 12
2.3 Changements d'état 13
2.4 Transmission de la chaleur 19
2.5 Énergie et quantité de chaleur 25
2.6 Pouvoir calorifique 28
2.7 Puissance 29
2.8 Rendement η (êta) ou Rdt 32
2.9 Pression 33
2.10 Masse volumique 36
2.11 Densité 39
2.12 Débit d'un fluide 42
2.13 Théorème de Bernoulli 47
2.14 Pertes de charge (PdC) 49
2.15 Dimensions des tuyauteries 53
2.16 Dilatation-contraction des tuyauteries 56
2.17 Acoustique 58
3 Rappels de géométrie 62
3.1 Surfaces 62
3.2 Volumes 64
3.3 Quelques relations usuelles 66
3.4 Leviers 67
3.5 Poulies 69
3.6 Moufles 71

3.7 Treuils 71
3.8 Angles et pentes 72
4 Représentations normalisées 73
4.1 Identification des tuyauteries 73
4.2 Identification de bouteilles de gaz 77
4.3 Représentation des tuyauteries et accessoires 79

2
OUTILLAGE

1 Soudage 82
1.1 Soudage oxyacétylénique 82
1.2 Soudage au propane 96
1.3 Soudage à l'arc 97
2 Outillage divers 98
2.1 Fixe-tubes 98
2.2 Pied à coulisse 98
2.3 Palmer 99
2.4 Scie à métaux 100
2.5 Clés spéciales 100
2.6 Déboucheurs 100
2.7 Outillages spécialisés 101
3 Matériaux de construction 103
3.1 Plâtres 103
3.2 Ciments 103
3.3 Métaux 104

3
CAPTATION ET ÉLÉVATION DE L'EAU

1 Évaluation des besoins en eau 109
2 Récupération d'eau de pluie 111
3 Déversoirs 113
4 Distillation de l'eau 115
4.1 Principe de la distillation 115
4.2 Distillation naturelle 115
4.3 Distillation de l'eau de mer 116
5 Osmose inverse 116
6 Autres techniques de captage d'eau 116
6.1 Captages par filets 116
6.2 Captages en mer 117
7 Recherche des eaux souterraines 117

8 Puits 118
8.1 Puits ordinaires 118
8.2 Puits instantanés 118
8.3 Puits artésiens 119
8.4 Puits profonds 119
9 Appareils élévateurs 120
9.1 Seau 121
9.2 Noria 121
9.3 Roue à aube 121
9.4 Pompe à chaîne hélice 121
9.5 Pompe capillaire 122
9.6 Moulin à vent 122
10 Types de pompes 124
10.1 Pompes volumétriques 124
10.2 Pompe centrifuge 128
10.3 Hydro-éjecteur 129
10.4 Pompe bélier ou bélier hydraulique 131
11 Pompes centrifuges et circulateurs 133
11.1 Pression – hauteur manométrique 135
11.2 Hauteur d'aspiration – altitude 136
11.3 Relation débit-pression 136
11.4 Relation vitesse – pertes de charge – $PdC = Z \cdot q_v^2$ 137
11.5 Pertes de charge dans les tuyauteries d'aspiration et de refoulement 137
11.6 Les courbes de pompe – courbes de réseau – point de fonctionnement 139
11.7 Montage série – parallèle 147
11.8 Rendement et choix des courbes 149
11.9 Cavitation – NPSH 150
11.10 Caractéristiques électriques des pompes et circulateurs 151
11.11 Les différents modèles de pompes 153
12 Les différents types d'utilisations des pompes 162
12.1 Puisage – distribution d'eau – maintien de pression 162
12.2 Assainissement 175
12.3 Circulateurs de chauffage 181
12.4 Circulateur d'eau chaude sanitaire (ECS) 186
13 Accessoires 188
13.1 Manomètres : type, position 188
13.2 Étanchéité et presse-étoupe 191
13.3 Clapets anti-retour 192
13.4 Anticoup de bélier 193

13.5 Crépines 193
13.6 Flotteurs et contacteurs de niveau 194
13.7 Protections électriques 197
13.8 Manchettes antivibratiles 198
13.9 Vannes d'isolement 199
14 Dans la pratique 199
14.1 Choix d'une pompe 199
14.2 Amorçage – purge d'air 200
14.3 Refroidissement 200
14.4 Lubrification – joints – usure – gommage 200
14.5 Étanchéité 201
14.6 Sens et vitesse de rotation – contrôle 201
14.7 Surdimensionnement et sous-dimensionnement 201
14.8 Température de fonctionnement – condensation – isolation 202
14.9 Nombre de mise en marche par heure – par an 202
14.10 Bruits 203
14.11 Contrôles à effectuer 203
14.12 Dysfonctionnements – dépannage 203
14.13 Thermographie des moteurs 204
14.14 Tension – intensité – section des câbles 204
14.15 Puissance électrique 205
14.16 Mesure des Hmt – évaluation des débits 205
14.17 Méthodes d'évaluation des débits 206
14.18 Gestion des installations 206

4
TRAITEMENT DES EAUX

1 Le cycle de l'eau 209
2 Quelques rappels 211
2.1 Atomes 211
2.2 Molécules 212
2.3 Ions 212
2.4 Sels, acides et bases 212
2.5 Concentration d'une solution 213
2.6 Composition des eaux naturelles 216
3 Caractéristiques physiques de l'eau 216
3.1 Température : en °C 216
3.2 Trouble ou turbidité : en FTU 217
3.3 Résistivité électrique R : en Ω·cm 217
3.4 Conductivité électrique σ : en µS/cm 217

4 Caractéristiques chimiques de l'eau 218
4.1 Titre alcalimétrique (TA) – Titre alcalimétrique complet (TAC) ... 218
4.2 Dureté de l'eau – titre hydrotimétrique (TH) 218
4.3 Phénomènes d'entartrage 219
4.4 Acidité – pH 223
4.5 Titre en chlorure (TCl) 223
4.6 Titre en sels et acides forts (SAF) 223
4.7 Teneur en silice SiO_2 223
4.8 Teneur en plomb 224
4.9 Teneur en fluor 224
4.10 Teneur en nitrates 224
4.11 Teneur en pesticides 224
5 Corrosion 225
5.1 Corrosion de type électrolytique 226
5.2 Corrosion par aération différentielle 226
5.3 Pile galvanique 227
6 Biologie des circuits ouverts ou fermés 230
6.1 Bactéries et légionelles 230
6.2 Algues 234
6.3 Champignons et moisissures 234
7 Traitements de l'eau 235
7.1 Floculation – décantation – filtration 235
7.2 Usine de traitement de l'eau potable 237
7.3 Filtration individuelle 238
7.4 Traitement par résines – adoucisseur 239
7.5 Traitement magnétique 245
7.6 Traitement filmogène 245
7.7 Protection des cuves et des réservoirs par électrolyse 246

5
RÉSEAUX DE DISTRIBUTION

1 Organisation de la distribution 250
1.1 Réseau ramifié 250
1.2 Réseau maillé 250
1.3 Détermination du diamètre des canalisations de distribution des réseaux 251
1.4 Tuyauteries utilisées pour le réseau de distribution 253
1.5 Branchements d'immeubles 253
1.6 Distances avec les autres canalisations enterrées 255
1.7 Protection des réseaux 258

2 Compteurs 259
2.1 Choix des compteurs 260
2.2 Types de compteurs 262
2.3 Lecture des compteurs 264
2.4 Raccordement des compteurs divisionnaires 268

6
DISTRIBUTION INTÉRIEURE

1 Règles de l'art 271
2 Vocabulaire technique 273
3 Dimensionnement des tuyauteries – Méthode générale (application du DTU 60.11 août 2013) 277
3.1 Distribution individuelle 279
3.2 Distribution collective 282
3.3 Détermination des diamètres des tuyauteries 287
3.4 Vérification de la pression au point le plus défavorisé 292
4 Dimensionnement des tuyauteries – Méthode simplifiée (DTU 60.11) 295
5 Anciennes installations 305
6 Accessoires des installations 306
6.1 Détendeurs 306
6.2 Sectionnement, arrêt et vidange des tuyauteries 309
6.3 Dispositifs anti-retour et anti-pollution 317
7 Mise en service d'une installation sanitaire 319
7.1 Rinçage 319
7.2 Essais d'étanchéité 320
7.3 Essais de fonctionnement 320
7.4 Désinfection 321
8 Immeubles de grande hauteur (IGH) 321

7
PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE

1 Critères de dimensionnement 325
1.1 Débit instantané 326
1.2 Débit de pointe pendant 10 minutes 326
1.3 Débit horaire maximal 326
1.4 Consommation globale journalière 327
1.5 Consommations ponctuelles exceptionnelles 329
1.6 Débits de référence d'eau chaude sanitaire 329

1.7 Confort souhaité 331
1.8 Temps d'attente 332
1.9 Isolation des tuyauteries d'eau chaude 334
2 Appareils de production individuelle d'eau chaude 336
2.1 Production d'eau chaude – appareils gaz et fioul 336
2.2 Chauffe-eau électriques (effet Joule) 348
2.3 Production d'eau chaude solaire (CESI) 367
2.4 Le chauffe-eau thermodynamique individuel (CETI) 371
3 Installation de production collective d'eau chaude 372
3.1 Détermination des besoins en eau chaude collective 373
3.2 Appareils de production collective d'eau chaude 382
3.3 Boucle d'ECS 388
3.4 Cas particulier des anciennes installations de production par thermosiphon 391
4 Mitigeurs thermostatiques 396
5 Comparaison entre production collective et production individuelle d'eau chaude sanitaire 399

8
CANALISATIONS D'EAU SOUS PRESSION

1 Règles de pose et de fixation des tuyauteries 401
1.1 Généralités 401
1.2 Percements et traversées 403
1.3 Engravement des canalisations dans les cloisons 408
1.4 Fixations et scellements 409
2 Tuyauteries en plomb 415
3 Tuyauteries en cuivre 416
3.1 Dimensions 416
3.2 Outillage 419
3.3 Cintrage des tubes en cuivre 420
3.4 Assemblage par soudage 422
3.5 Assemblage par raccords 423
3.6 Mode de pose 423
3.7 Assemblage avec des tuyauteries de natures différentes 424
4 Tuyauteries en acier noir 425
4.1 Types de tubes 426
4.2 Outillage 429
4.3 Cintrage des tubes 433
4.4 Raccords 433

5 Tuyauteries en acier galvanisé 440
5.1 Règles de pose 440
5.2 Fixation des tuyauteries 441
5.3 Corrosion 442
5.4 Façonnage 444
5.5 Assemblage par soudage 445
5.6 Assemblage par raccords 446
5.7 Séries acier extérieur 448
6 Tubes en acier inoxydable 449
7 Tubes acier à sertir 450
8 Tuyauteries en fonte 451
8.1 Fonte à brides 453
8.2 Raccordement 456
8.3 Accessoires 460
8.4 Pose des tuyauteries en fonte 462
9 Tuyauteries en amiante-ciment 463
10 Tuyauteries en matière plastique 464
10.1 Tuyauteries en PVC (chlorure de polyvinyle non plastifié) 465
10.2 Tuyauteries en polyéthylène (PE) 468
10.3 Tuyauteries en polyéthylène réticulé (PER ou PE-X) et polybutylène (PB) 469
10.4 Tuyauteries multicouches 472
10.5 Tuyauteries thermosoudables 472

9
SALLE DE BAINS

1 Règles générales de pose 475
2 Types d'appareils sanitaires 476
2.1 Appareils sanitaires en céramique 476
2.2 Appareils sanitaires en fonte émaillée 478
2.3 Appareils en acier inoxydable 478
2.4 Appareils en tôle galvanisée 478
2.5 Cabines de douches amovibles 479
3 Baignoires 479
3.1 Baignoires en fonte 480
3.2 Baignoires en acier 481
3.3 Baignoires en résines 481
3.4 Robinetteries de baignoire 482
3.5 Vidages des baignoires 486
3.6 Règles de pose d'une baignoire 488

3.7 Réparations 489
3.8 Baignoires balnéo 489
4 Douches 490
4.1 Règles de pose 492
4.2 Douche à l'italienne 493
4.3 Robinetteries de douches 494
4.4 Cabines de douches 495
5 Lavabos 495
6 Bidets 500
7 Lave-mains 504
8 Robinetteries sanitaires 504
8.1 Robinets simples 504
8.2 Robinets mélangeurs 505
8.3 Robinets mitigeurs 505
8.4 Robinets mitigeurs thermostatiques 506
9 Vidages et siphons 508
10 Cotes d'encombrement et disposition des appareils 510

10
CUISINE

1 Raccordement des machines à laver 514
2 Pose des éviers 514
3 Robinetteries d'évier 516
4 Broyeur d'évier 520
5 Plaque de cuisson au gaz 521
5.1 Raccordement 521
5.2 Cas particulier de la cuisinière gaz 522
6 Cuisines collectives et cuisines industrielles 523
7 Ventilation 524

11
WC ET APPAREILS DE CHASSE

1 Règles de raccordement 526
2 WC posés au sol 527
2.1 Cuvettes 527
2.2 Pose des cuvettes 528
3 WC suspendus 529
4 WC à la turque 532

5 Réservoirs ou appareils de chasse 533
5.1 Réservoirs hauts 533
5.2 Réservoirs bas fixés à la cuvette 536
5.3 Réservoirs encastrés ou en gaines techniques 537
5.4 Robinets de chasse 539
5.5 Réservoirs à compression d'air 540
6 Modes d'évacuation 540
6.1 WC à chasse directe 540
6.2 WC à action siphonique 540
6.3 WC broyeurs 542
6.4 WC secs 542
6.5 WC sans odeurs 542

12
SANITAIRES DES COLLECTIVITÉS

1 Appareils 543
1.1 Généralités 543
1.2 WC et sièges à la turque 544
1.3 Urinoirs 545
1.4 Lavabos collectifs 548
2 Robinetteries 549
2.1 Robinetteries temporisées 550
2.2 Robinetteries thermostatiques 551

13
ÉVACUATION DES EAUX USÉES EAUX PLUVIALES

1 Généralités 555
1.1 Vocabulaire 555
1.2 Dispositions générales 557
2 Étude d'une installation 559
2.1 Diamètre des siphons et branchements d'appareil 559
2.2 Raccordement d'allure horizontale de plusieurs appareils 562
2.3 Charge hydraulique 563
2.4 Tuyauterie d'allure horizontale 564
2.5 Colonne de chute 565
2.6 Collecteur d'immeuble 566
2.7 Ventilation des tuyauteries 570
2.8 Chute unique 573
3 Tuyauteries et accessoires 575
3.1 Règles générales de pose 575
3.2 Tuyauteries en fonte 576

3.3 Tuyauteries en grès 596
3.4 Tuyauteries en amiante-ciment 599
3.5 Tuyauteries en plomb 601
3.6 Tuyauteries en cuivre 604
3.7 Tuyauteries en acier 604
3.8 Tuyauteries d'évacuation PVC 604

4 Évacuation des eaux pluviales 612
4.1 Étude des installations d'évacuation des eaux pluviales 612
4.2 Tuyauterie métallique 619
4.3 Systèmes d'évacuation des eaux pluviales par effet siphoïde 619
4.4 Fixation des descentes d'eaux pluviales 619

14
INSTALLATION D'ASSAINISSEMENT AUTONOME

1 Structure d'une installation d'assainissement autonome 621
1.1 Tuyauteries de raccordement 622
1.2 Bac dégraisseur 623
1.3 Fosse septique toutes eaux 623
1.4 Préfiltre 624
1.5 Ventilations 624
1.6 Épandage 625
1.7 Tuyauteries d'épandage 625
1.8 Regards 626
1.9 Géotextiles 626
1.10 Film imperméable 626
1.11 Poste de relevage 626

2 Règles de pose 627

3 Fosse chimique 627

15
RÉSEAUX D'INCENDIE

1 Classement des immeubles de grande hauteur 629

2 Classement des établissements recevant du public 630

3 Réaction au feu des matériaux 630
3.1 Classement M 630
3.2 Classement Euroclasse 630

4 Branchements intérieurs 632
5 Bouches et poteaux d'incendie 635
6 Extincteurs 636
6.1 Réseau d'extinction automatique sprinkler 636
6.2 Extincteurs à poudre 636
6.3 Extincteur manuel 637
6.4 Agents extincteurs 637
7 Détection 638

16
INSTALLATIONS GAZ

1 Caractéristiques générales des gaz 640
1.1 Combustibles gazeux distribués en France 640
1.2 Pouvoir calorifique supérieur (PCS) 641
1.3 Pouvoir calorifique inférieur (PCI) 641
1.4 Limite inférieure d'inflammabilité ou d'explosivité (LIE) 642
1.5 Limite supérieure d'inflammabilité ou d'explosivité (LSE) 642
1.6 Point de rosée 642
1.7 Rendement 643
1.8 Température de vaporisation 644
1.9 Pressions de distribution 645
1.10 Combustion des gaz 647
2 Détermination des diamètres des tuyauteries d'une installation domestique après compteur 650
2.1 Pertes de charge admissibles 651
2.2 Détermination des longueurs 651
2.3 Détermination des débits 653
2.4 Détermination des calibres des tuyauteries en fonction du type de gaz 653
3 Caractéristiques des appareils 659
3.1 Appareils de type A 660
3.2 Appareils de type B 660
3.3 Appareils de type C : appareils étanches 662
3.4 Nouvelles exigences appareils gaz 665
4 Installation des chauffe-eau ou chaudières gaz – local réglementaire 668
5 Raccordement des compteurs et des appareils 668
6 Mise en œuvre des tuyauteries 669
6.1 Règles générales 669
6.2 Assemblage de tuyauteries différentes 671
6.3 Pose des tuyauteries gaz enterrées 671

6.4 Pose des tuyauteries de gaz en élévation 673
6.5 Supports des tuyauteries gaz intérieures posées en élévation 675
6.6 Pose des tuyauteries gaz en vide sanitaire 675
6.7 Pose des tuyauteries gaz en faux plafonds 676
6.8 Autre type de pose des tuyauteries gaz 676
6.9 Pose des tuyauteries gaz incorporées à la construction (enrobées, encastrées ou engravées) 677
6.10 Pose des tuyauteries gaz dans les cloisons 678
7 Tuyauteries gaz 678
7.1 Tuyauteries en acier 678
7.2 Tuyauteries en cuivre 680
7.3 Tuyauteries en plomb 680
7.4 Tuyauteries en polyéthylène 681
7.5 Tuyau onduleux pliable en acier inoxydable 681
8 Pose des compteurs et accessoires 682
8.1 Compteurs 682
8.2 Raccordement – robinets d'appareils 684
8.3 Essais et contrôles étanchéité 685
9 Ventilation des locaux 687
10 Évacuation des produits de combustion 688
10.1 Théorie du tirage 688
10.2 Conduit individuel 690
10.3 Conduit individuel duo 691
10.4 Conduit shunt – shunt duo 691
10.5 Conduit Alsace 691
10.6 Gaines Se-Duct ou U-Duct 691
10.7 Alvéoles techniques gaz 694
10.8 VMC gaz 694
10.9 Ventouses 695
10.10 Conduits 3CE 695
10.11 Dimensionnement d'un conduit de fumée 695
11 Installation GPL 721
11.1 Bouteille et réservoir 722
11.2 Stockage aérien 722
11.3 Stockage enterré 723
11.4 Installation de bouteilles butane 725
11.5 Installation de bouteilles propane 726
11.6 Détendeur déclencheur de sécurité – DDS 727
11.7 Pression de service dans les installations 728
12 Chaufferies gaz 728
13 Certificat de conformité 728

17
INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

1 Rappels 731
1.1 Protection des installations 732
1.2 Transport du courant / HT – BT 734
1.3 Courant monophasé et triphasé 735
1.4 Formulaire 736
1.5 Couplage 737
2 Transformateurs 738
3 Moteurs alternatifs 739
3.1 Moteurs triphasés 740
3.2 Plaque signalétique d'un moteur 741
3.3 Moteurs monophasés asynchrones 742
3.4 Condensateur 743
3.5 Formulaire moteurs 744
3.6 Sélection de l'appareillage de protection 745
3.7 Courbes de déclenchement magnétique des disjoncteurs 746
3.8 Classes des disjoncteurs magnétothermiques modulaires – classes d'isolation 746
4 Normes et labels 746
5 Sécurité électrique 747
5.1 Consignation 747
5.2 Soins aux électrisés 749

18
INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE

1 Éléments d'une installation de chauffage 752
1.1 Brûleur 753
1.2 Chaudière 753
1.3 Purgeur d'air 753
1.4 Vanne isolement (ou de service) 756
1.5 Soupape de sécurité 756
1.6 Vase d'expansion 756
1.7 Circulateur 764
1.8 Vanne manuelle de commande d'appareil 764
1.9 Émetteur 764
1.10 Vanne de réglage (té de réglage) 765
1.11 Tuyauterie départ (aller) 765
1.12 Tuyauterie retour 765
1.13 Soupape différentielle 765
1.14 Disconnecteur 766

1.15 Coffret de commande de la chaudière 767
1.16 Thermostat (aquastat) de régulation – Demande – TR 767
1.17 Thermostat (aquastat) de sécurité – Surchauffe – TS 767
1.18 Thermostat d'ambiance – TA 768
1.19 Manomètre 769
2 Distributions de chauffage 769
2.1 Distribution en parallèle : Bitube 769
2.2 Distribution en série : Monotube dérivé 769
2.3 Distribution par collecteur 770
2.4 Distribution en parapluie 770
2.5 Ancienne distribution en thermosiphon 770
2.6 Plancher chauffant basse température (PCBT) 770
3 Évolution d'une installation de chauffage 771
4 Puissance d'une installation 774
5 Règles générales 775
5.1 Compatibilité des matériaux 775
5.2 Essais 775

19
INSTALLATIONS DE CLIMATISATION

1 Principes de fonctionnement d'une installation 777
2 Puits canadiens 780
3 Pulvérisateurs – Brumisateurs 780

20
RÉGULATION

1 Boucle de régulation 784
1.1 Boucle de régulation fermée 784
1.2 Boucle de régulation ouverte 785
1.3 Boucle de régulation mixte 786
2 Types de régulations 787
2.1 Régulation tout ou rien (TOR) 788
2.2 Régulation à position multiple 791
2.3 Régulation chronoproportionnelle (modulante) 793
2.4 Régulation flottante 794
2.5 Régulation proportionnelle (P) 796
2.6 Régulation intégrale (I) 798
2.7 Régulation proportionnelle intégrale (PI) 798
2.8 Régulation proportionnelle intégrale dérivée (PID) 799

21
DÉSORDRES DE LA PLOMBERIE

1 Bruits 803
1.1 Bruit d'appareils ou d'équipements 803
1.2 Bruits de l'eau dans les canalisations d'alimentation 805
1.3 Bruits des tuyauteries 807
1.4 Bruits d'eau dans les installations d'évacuation 808
2 Désordre sur l'installation d'évacuation des eaux usées 808
3 Dilatation 809
3.1 Points fixes 811
3.2 Lyres de dilatation 811
3.3 Calcul des bras de dilatation 813
3.4 Compensateurs de dilatation 815
3.5 Flexibles 815
4 Condensation 816
Bibliographie 817
Sites internet 819
Index 823

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ACS : Attestation de conformité sanitaire
ATG : Association technique de l'industrie du gaz
BT : Basse tension
BTU : British Thermal Unit (1 BTU = 0,293 Wh)
C, Cp : Chaleur massique qu'il faut fournir pour élever la température de 1 °C d'une masse de 1 kg d'eau (4,185 kJ/kg·°C) ou un volume de 1 m³ (1,163 kWh/m³·°C)
CE : Conforme aux exigences des normes techniques européennes
CESI : Chauffe-eau solaire individuel
COP : Coefficient de performance
CSTB : Centre scientifique et technique du bâtiment
Δ : Delta, écart d'une valeur
DDS : Détendeur déclencheur de sécurité
DE : Diamètre extérieur
DGI : Défaut grave immédiat (nécessite la mise à l'arrêt de l'installation gaz)
Di : Diamètre intérieur
DN : Diamètre nominal (utilisé pour trouver la correspondance entre différentes tuyauteries)
DPE : Diagnostic performance énergie
DTU : Document technique unifié, norme applicable aux marchés du bâtiment
DU : Débit unitaire d'un appareil
ECS : Eau chaude sanitaire
EER : Energy Efficiency Ratio (coefficient d'efficacité frigorifique d'un appareil en mode froid)
EF : Eau froide
EM : Eau mitigée
EN : Norme européenne
EP : Eaux pluviales
EPI : Équipements de protection individuelle

ERP : Établissement recevant du public
EU : Eaux usées (toutes les eaux d'une maison ou toutes les eaux sauf les WC selon les cas)
EV : Eaux-vannes (les WC seulement)
FTU : Formazin Turbidity Unit (unité de mesure de la turbidité de l'eau)
GPL : Gaz de pétrole liquéfiés (butane et propane)
Hmt : Hauteur manométrique
HT : Haute tension
IE : Indice d'efficience énergétique
IEE : Indice d'efficacité énergétique
IGH : Immeuble de grande hauteur
LIE : Limite inférieure d'inflammabilité ou d'explosivité
LSE : Limite supérieure d'inflammabilité ou d'explosivité
mCE : Mètre de colonne d'eau (10,2 mCE = 1 bar)
NF : Norme française
NRA : Nouvelle réglementation acoustique (1994)
P : Pression ou puissance, selon les cas
PAC : Pompe à chaleur
PB : Polybutylène
PCI : Pouvoir calorifique inférieur
PCS : Pouvoir calorifique supérieur
PdC : Pertes de charges
PE : Polyéthylène
PER : Polyéthylène réticulé
PG : Professionnel du gaz
pH : Potentiel hydrogène
PID : Proportionnel intégral dérivé
PMG : Professionnel maintenance gaz
PN : Puissance nominale
PP : Polypropylène
PPR : Polypropylène random
ppm : Partie par million (1/1 000 000)
PSI
ou psi : Pound-force per square inch (1 PSI = 0,069 bar)
Pu : Puissance utile
PVC : Polychlorure de vinyle
PVC-C : PVC surchloré

q_v : Débit volumique
RAGE : Règles de l'art Grenelle de l'environnement
Rdt : Rendement
RIA : Réseau d'incendie armé
ROAI : Robinet à obturation automatique intégrée
ROHS : Directive européenne limitant l'utilisation de substances dangereuses
RT : Réglementation thermique
SAF : Sels d'acides forts
SME : Super Métallit à emboîtement (type de tuyauterie fonte)
SMU : Super Métallit à bouts unis (type de tuyauterie fonte)
θ : Thêta, température
TA : Titre alcalimétrique (simple)
TAC : Titre alcalimétrique Complet
TCl : Chlore total
TH : Titre hydrotimétrique
TOR : Tout ou rien (régulation)
UFC : Unités formant colonies
VAT : Vérification d'absence de tension
VMC : Ventilation mécanique contrôlée
WC : Water-closet (les toilettes, en français)

1
MÉMENTO TECHNIQUE

Décret n° 2003-165 du 27 février 2003 modifiant le décret n° 61-501 du 3 mai 1961
relatif aux unités de mesure et au contrôle des instruments de mesure
Publication au JO le 1er mars 2003 pages 3639 et suivantes
Normes FD X02-003 du 15 mai 2013, 02-004, 02-006 et suivantes

1 Système international SI

1.1 Unités

Tableau 1.1 – Unités de base

m	le **mètre**, unité de longueur
kg	le **kilogramme**, unité de masse
s	la **seconde**, unité de temps
A	l'**ampère**, unité d'intensité de courant électrique
K	le **kelvin**, unité de température
cd	la **candela**, unité d'intensité lumineuse
mol	la **mole**, unité de quantité de matière

Tableau 1.2 – Unités dérivées du système international

rd	le **radian**, unité d'angle plan
sr	le **stéradian**, unité d'angle solide
m^2	le **mètre carré**, unité d'aire ou de superficie (aire d'un carré ayant 1 mètre de côté) pour les terrains : 1 are = 100 m^2 et 1 hectare = 10000 m^2 = 1 hm^2
m^3	le **mètre cube**, unité de volume (volume d'un cube ayant 1 mètre de côté) 1 m^3 = 1000 litres 1 litre = 1 dm^3 1 litre s'écrit : 1 l ou 1 L 1 stère = 1 m^3 (utilisée pour la vente du bois)
t	la **tonne**, unité de masse : 1 tonne = 1000 kg

…

kg/m	le **kilogramme par mètre**, unité de masse linéique (d'un corps homogène de section uniforme)
kg/m³	le **kilogramme par mètre cube**, unité de masse volumique (d'un corps homogène)
Hz	le **hertz**, unité de fréquence (fréquence d'un phénomène périodique dont la période est 1 seconde, nombre de cycle par seconde)
N	le **newton**, unité de force (force qui communique à un corps ayant une masse de 1 kilogramme une accélération de 1 mètre par seconde carrée)
J	le **joule**, unité de travail, d'énergie et de quantité de chaleur
W	le **watt**, unité de puissance d'un système énergétique (1 watt = 1 joule par seconde) L'unité de puissance peut être dénommée « voltampère » pour le mesurage de la puissance apparente de courant électrique alternatif
Pa	le **pascal**, unité de pression (contrainte qui, agissant sur une surface plane de 1 m² exerce une force de 1 newton) 1 bar = 100 000 Pa
C	le **coulomb**, unité de charge électrique, quantité d'électricité
V	le **volt**, unité de force électromotrice et de différence de potentiel
Ω	l'**ohm**, unité de résistance électrique
F	le **farad**, unité de capacité électrique (d'un condensateur électrique)
m/s	le **mètre par seconde**, unité de vitesse
m/s²	le **mètre par seconde carré**, unité d'accélération
lm	le **lumen**, unité de flux lumineux
lx	le **lux**, unité d'éclairement (surface qui reçoit 1 lumen par mètre carré)

Tableau 1.3 – Unités en dehors du système international dont l'emploi est autorisé

bar	le **bar**, unité de pression. 1 bar = 100 000 Pa = 100 kPa = 10,2 mCE
mCE	le **mètre de colonne d'eau**, hauteur manométrique encore utilisée.
t	le **tour** est l'angle au centre qui intercepte sur la circonférence un arc d'une longueur égale à celle de cette circonférence (2π).
°	le **degré** est l'angle au centre qui intercepte sur la circonférence un arc d'une longueur égale à 1/360 de celle de cette circonférence (1 tour = 360°).

…

'	la **minute d'angle** vaut 1/60 de degré. 1° = 60'= 3 600''
''	la **seconde d'angle** vaut 1/60 de minute. 1'= 60''
min	la **minute** de temps vaut 60 secondes. 1 min = 60 s
h	l'**heure** vaut 60 minutes. 1 h = 60 min = 3 600 s
d	le **jour** vaut 24 heures. 1 d = 24 h = 1 440 min = 86 400 s *Attention :* 0,1 h = 6 min ; 0,1 min = 6 s
Ah	l'ampère-heure est la quantité d'électricité transportée en 1 heure par un courant de 1 ampère. 1 ampère-heure vaut 3 600 coulombs (charge des batteries).

Les unités dénommées calorie, thermie, frigorie et stère définies dans l'annexe au présent décret ne sont plus des unités légales depuis le 31 décembre 1977.

1.2 Multiples et sous-multiples

La seule unité du système international à contenir un préfixe pour des raisons historiques est le kilogramme.

Tableau 1.4 – Multiples des unités

Puissance	Valeur	Préfixe	Symbole
10^{9}	1 000 000 000	giga	G
10^{6}	1 000 000	méga	M
10^{3}	1 000	kilo	k
10^{2}	100	hecto	h
10^{1}	10	déca	da
Unité 1			
10^{-1}	0,1	déci	d
10^{-2}	0,01	centi	c
10^{-3}	0,001	milli	m
10^{-6}	0,000 001	micro	µ
10^{-9}	0,000 000 001	nano	n

Il est possible de représenter les multiples et sous-multiples autrement (voir encart suivant).

Savoir-faire

Exemple : 1,2 m = 120 cm = 1 200 m = 0,012 hm

kilo **k**m	hecto **h**m	déca **da**m	unité m	déci **d**m	centi **c**m	milli **m**m
	0	0	**1,**	2	0	0

Attention

Ces tableaux ne sont pas utilisables pour les m^2 et les m^3 ; dans ce cas, les puissances sont respectivement doublées et triplées (voir tableaux suivants).

Tableau 1.5 – Multiples des surfaces en m^2

km²	**hm²**	**dam²**	**m²**	**dm²**	**cm²**	**mm²**
1 000 000 m^2	10 000 m^2	100 m^2	1	0,01 m^2	$1 \cdot 10^{-4}$ m^2	$1 \cdot 10^{-6}$ m^2
	1 hectare	1 are				

1 m^2 = 100 dm^2 = 10 000 cm^2 = 10^6 mm^2 = 10^{12} μm^2 = 0,01 are = 1×10^{-4} hectare

Savoir-faire

Exemple : Une tuyauterie de diamètre intérieur 60 mm aura une section S = 2 827,4 mm^2, soit 0,0028274 m^2.

kilo **k**m^2		hecto **h**m^2		déca **da**m^2		unité m^2		déci **d**m^2		centi **c**m^2		milli **m**m^2		
0	**0**	0	**0**	0	**0**	0	**0,**	0	**0**	2	**8**	2	**7**	4

Pour chaque multiple ou sous-multiple, c'est le chiffre situé dans la colonne de droite qui est celui de l'unité.

Tableau 1.6 – Multiples des volumes en m^3

km^3	hm^3	dam^3	m^3	dm^3	cm^3	mm^3
$1 \cdot 10^9$ m^3	$1 \cdot 10^6$ m^3	1 000 m^3	1	0,001 m^3	$1 \cdot 10^{-6}$ m^3	$1 \cdot 10^{-9}$ m^3
			1 000 l	1 l	0,001 l = 0,1 cl	

1 m^3 = 1 000 dm^3 = 1 000 l = 1 000 000 cm^3

1 litre = 1 dm^3 = 0,001 m^3 = 1 000 cm^3

Lorsqu'on effectue un calcul sur des unités ayant des puissances négatives (par exemple l/h ou $l \cdot h^{-1}$), il faudra respecter la position de chaque unité dans les fractions.

Savoir-faire

Exemple : Si cette même tuyauterie a une longueur de 100 m, son volume sera V = 100 × 0,0028274 = 0,28274 m^3 = 282,74 dm^3, soit 282,74 litres.

kilo **k**m^3			hecto **h**m^3			déca **da**m^3			unité m^3			déci **d**m^3			centi **c**m^3			milli **m**m^3		
0	0	**0**	0	0	**0**	0	0	**0**	0	0	**0,**	2	8	**2**	7	4	**0**	0	0	**0**

Exemple

Si l'on souhaite convertir un débit de 64 $m^3 \cdot h^{-1}$ (64 m^3 par heure), la formule de calcul d'un débit est :

$$\text{débit} = \frac{\text{Volume}}{\text{temps}}$$

Pour convertir le volume en litres : 1 m^3 = 1 000 l, on multiplie 64 × 1 000 = 64 000 litres, soit un débit de 64 000 l par heure.
Pour convertir le temps en minutes : 1 heure = 60 minutes, on divise la valeur du débit par 60, soit :

$$\frac{64\,000}{60} = 1\,066{,}6 \text{ l/min}$$

…

Pour convertir le temps en seconde : 1 heure = 3 600 s, on divise la valeur du débit par 3 600, soit :

$$\frac{64\,000}{3\,600} = 17{,}8 \text{ l/s}$$

Pour effectuer la conversion en une seule fois (passer des m³/h aux l/s), on effectue le calcul suivant :

$$\frac{64 \times 1\,000}{3\,600} = 17{,}8 \text{ l/s}$$

Inversement, si l'on souhaite passer de 17,8 l/s à un débit en m³/h, il faudra effectuer le calcul suivant :

$$\frac{17{,}8 / 1\,000}{1 / 3\,600} = \frac{17{,}8 / 3\,600}{1\,000} = 17{,}8 \times 3{,}6 = 64{,}08 \text{ m}^3/\text{h}$$

1.3 Règles utiles d'écriture des symboles et des unités

Tableau 1.7 – Grandeurs, symboles et unités

Grandeur		Unité	
Nom	**Symbole**	**Nom**	**Symbole**
longueur	*l*	mètre	m
		mille marin	1 M = 1 852 m
masse	*m*	kilogramme	kg
		tonne	1 t = 1 000 kg
temps, durée	*t*	seconde	s
		minute	1 min = 60 s
		heure	1 h = 60 min
		jour	1 d = 24 h
température absolue (thermodynamique)	*T*	kelvin (273 K = 0 °C)	K
température Celsius	θ	degré Celsius	°C
quantité de matière	*n*	mole	mol
intensité lumineuse	I_v	candela	cd
superficie, aire, surface	*A*, *S*	mètre carré	m²

…

Grandeur		Unité		
Nom	**Symbole**	**Nom**	**Symbole**	
volume	V	mètre cube	m^3	
		litre	1 000 l = 1 m^3	
vitesse	V, w, c	mètre par seconde	m/s	
accélération accélération due à la pesanteur	A g	mètre par seconde carrée	m/s^2	
masse volumique	ρ	kilogramme par mètre cube	kg/m^3	
débit massique	q_m	kilogramme par seconde	kg/s	
débit volumique	q_v	mètre cube par seconde	m^3/s	
angle plan	α	radian	rad	1 m/m
angle solide	Ω	stéradian	sr	1 m^2/m^2
fréquence	f	hertz (1 Hz = 1 tr/min)	Hz	1 s^{-1}
force	F	newton	N	1 $m \cdot kg \cdot s^{-2}$
pression, contrainte	p	pascal (1 bar = 100 000 Pa)	Pa	1 N/m^2
énergie, travail, quantité de chaleur	E, W, Q	joule	J	1 N·m
énergie facturée	E	kilowattheure	kWh (= 3 600 kJ)	
puissance, flux énergétique	P	watt (1 W = 1 J/s)	W	1 J/s
courant électrique	I, i	ampère	A	
charge électrique, quantité d'électricité		coulomb	C	1 A·s
différence de potentiel, force électromotrice	ddp U	volt	V	1 W/A
capacité électrique	C	farad	F	1 C/V

…

Grandeur		Unité		
Nom	**Symbole**	**Nom**	**Symbole**	
résistance électrique	R	ohm	Ω	1 V/A
résistivité	ρ	ohm mètre	$\Omega \cdot m$	
flux lumineux		lumen	lm	1 cd · sr
éclairement lumineux		lux	lx	1 lm/m²
niveau de pression acoustique	L_p, L_w	décibel	dB	

Dans tous les cas on utilisera les règles d'écriture et de ponctuation habituelles, en tenant compte des règles suivantes.

Les symboles des unités s'écrivent en caractère romains	A, V, W.
Les nombres décimaux s'écrivent avec un point ou une virgule	10,45 ou 10.45
Pour les grands nombres, on ne doit donc plus utiliser les points ; on utilisera l'espace pour les partager en tranches de 3 chiffres	10104520 ou 10 104 520
Il ne faut pas laisser d'espace pour exprimer les valeurs positives ou négatives (entre le signe et le chiffre)	de –10 à +15 °C
Par contre, il faut laisser un espace avant et après les signes + – × / = < ≤ …	$2 \times 3 = 6$
Les symboles des unités sont toujours imprimés en caractère romain quelle que soit la police du texte	m, mètre, A, ampère
Les unités s'écrivent en minuscules (sauf degrés Celsius)	pascal, newton
La multiplication des unités est indiquée par un espace ou un point à mi-hauteur centré (·)	pour newton mètre, N m ou N·m
Le point peut être utilisé dans les formules	a · b = a b = ab

Pour la multiplication des nombres, il faut utiliser la croix × (pas la lettre x)	Surface = 85 × 10 = 850 cm^2
Le point peut être utilisé en cas de puissance de 10 dans une opération	$2{,}3 \cdot 10^2 \times 3{,}1 \cdot 10^{-3}$
La division est indiquée par un trait oblique (/) ou un trait horizontal ou une puissance négative	mètre par seconde, m/s ou $\frac{m}{s}$ ou $m\ s^{-1}$
Les préfixes des multiples ou sous-multiples s'écrivent sans espace ni trait d'union	kilopascal, milligramme
Les puissances « carré » ou « cube » se placent derrière l'unité	centimètre carré mètre cube
Les unités composées s'écrivent avec un espace ou un tiret entre chaque nom d'unité	pascal seconde ou pascal-seconde
On respecte les règles d'accord seulement lorsqu'on écrit l'unité en toutes lettres mais les symboles s'écrivent sans « s » au pluriel	22 kilomètres mais 22 km
Le pourcentage peut s'écrire de deux manières	0,523 ou 52,3 %
Pour les concentrations plus petites, on utilise les ppm ou parties par million : 1 % = 10000 ppm	100 ppm ou 0,01 %
Le symbole s'écrit toujours après le nombre	5,3 kg, 2 h 21 min

1.4 Alphabet grec

Tableau 1.8 – Lettres de l'alphabet grec utilisées comme symboles des grandeurs ou des unités dans le génie climatique

Nom grec	Majuscule	Minuscule	Nom grec	Majuscule	Minuscule
alpha	A	α	nu	N	ν
bêta	B	β	xi	Ξ	ξ
gamma	Γ	γ	omicron	O	ο
delta	Δ	δ	pi	Π	π
epsilon	E	ε	rhô	P	ρ
zêta	Z	ζ	sigma	Σ	σ

…

Nom grec	Majuscule	Minuscule
êta	Η	η
thêta	Θ	θ
iota	Ι	ι
kappa	Κ	κ
lambda	Λ	λ
mu	Μ	μ

Nom grec	Majuscule	Minuscule
tau	Τ	τ
upsilon	Υ	υ
phi	Φ	φ
khi	Χ	χ
psi	Ψ	ψ
oméga	Ω	ω

1.5 Unités anglaises et américaines

Tableau 1.9 – Correspondance unités anglaises (Impérial) et américaines (US)/système international

Impérial — US	SI
Longueur	
1 inch (in)	25,40 mm
1 foot (ft) = 12 in	0,30 m
1 yard (yd) = 3 ft	0,91 m
1 mile (mi) = 1 760 yd	1 609 m
1 nautical mile	1 853 m
Surface	
1 square inch (sq in)	6,45 cm^2
1 square foot (sq ft) = 144 sq in	0,092 m^2
1 square yard (sq yd) = 9 sq ft	0,836 m^2
Volume et capacité	
1 cubic inch (cu in)	16,39 cm^3
1 cubic foot (cu ft)	28,32 dm^3
1 cubic yard (cu yd)	0,765 m^3
1 fluid ounce (fl oz)	US = 29,5 ml ; Imp = 28,4 ml
1 gallon US	3,78 l
1 gallon Impérial	4,55 l

…

Impérial — US	SI
Masse	
1 ounce (oz)	28,34 g
1 pound (lb) = 16 oz (les anciennes livres canadiennes)	453,59 g
Autres unités	
1 BTU* – unité d'énergie thermique britannique	0,293 Wh
1 BTU/h – unité de puissance	0,293 W
1 BTU/s – unité de puissance	1,055 kW
1 HP (horse power)	746 W
1 pound/square inch (lb/sq. inch) PSI	0,06897 bar
100 PSI	6,897 bar

* 1 BTU est la quantité d'énergie nécessaire pour élever la température de 1 livre (1 pound) de 1 °F.

2 Grandeurs caractéristiques et conversions

2.1 Masse et poids

La **masse** (m) représente la quantité de matière qui compose un corps, son unité est le kilogramme (kg). Tous les corps sont soumis à l'attraction terrestre, cette accélération étant appelée pesanteur : $g = 9{,}81\ m/s^2$. Un corps qui tombe est soumis à cette accélération.

Le **poids** (d'un point de vue scientifique) représente la force (due à l'attraction terrestre, la pesanteur) subie par un corps, son unité est le newton (N). Cette force est toujours dirigée vers le centre la Terre, c'est-à-dire à la verticale vers le bas. On le calcule ainsi :

Poids	=	Masse	×	Pesanteur
N		kg		$g = 9{,}81\ m/s^2$

La pesanteur étant sensiblement la même partout sur la Terre (elle varie légèrement en fonction de l'attitude), on a pris l'habitude de ne pas la prendre en compte et de parler de poids au lieu de parler de masse (on dit que le poids est de 1 kg).

La **force** représente une action qui provoque l'accélération d'un corps, elle s'exprime en newton. Elle est donc proportionnelle à la masse et à l'accélération.

Force	=	Masse	×	Accélération
F	=	m	×	a
N		kg		m/s^2

Lorsque l'on dit qu'un objet exerce un poids de 1 kg sur une surface, il exerce en fait une force de 10 newtons sur cette surface (précisément 9,81 N).

2.2 Température

En France, la température (θ, thêta ou T) mesurée s'exprime en degrés Celsius (°C).

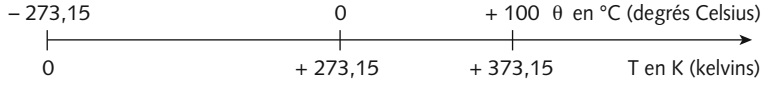
Un écart (Δ) de température de 1 °C équivaut à un écart de température de 1 K (kelvin) :

$$\Delta\theta = \Delta T ; 1\ °C = 1\ K$$

Il existe trois échelles de température :

- le **degré Celsius** (°C), utilisé en France pour les mesures de température à pression atmosphérique (1 013 mbar), l'eau gèle à 0 °C et se vaporise à 100 °C ;
- le **kelvin** (K), unité SI utilisée en thermodynamique ; à 0 K (zéro absolu) un corps ne contient plus d'énergie sous forme de chaleur ;
- le **degré Fahrenheit** (°F), unité utilisée dans les pays anglo-saxons.

■ Échelle de température



La température la plus basse (absolue) est 0 K soit – 273,15 °C. La température d'un arc électrique est de 4 000 °C.

■ Unités de température

Pour passer d'une unité à l'autre, on effectue les opérations suivantes (tableau 1.10).

Tableau 1.10 – Formules de conversion des unités de température

Conversion	Formule	Exemple
°C → K	θ + 273 = T en kelvins (K)	100 °C = 100 + 273 = 373 K
K → °C	T – 273 = θ en degrés Celsius (°C)	140 K = 140 – 273 = –33 °C
°F → °C	$\frac{\theta \text{ en } °F - 32}{1,8}$ = θ en degrés Celsius (°C)	176 °F = $\frac{176 - 32}{1,8}$ = 80 °C
°C → °F	(θ en °C × 1,8) + 32 = θ en degrés Fahrenheit	–10 °C = (–10 × 1,8) + 32 = +14 °F

Le tableau de conversion rapide (tableau 1.11) évite de faire des calculs.

Tableau 1.11 – Correspondance des températures

Celsius °C	fahrenheit °F	kelvin K	Celsius °C	fahrenheit °F	kelvin K
120	248	393	30	86	303
100	212	373	20	68	293
90	194	363	10	50	283
80	176	353	0	32	273
70	158	343	–10	14	263
60	140	333	–20	–4	253
50	122	323	–30	–22	243
40	104	313	–40	–40	233

2.3 Changements d'état

L'eau est le seul corps qui se trouve naturellement sous ses 3 états physiques sur Terre (en fonction de la pression et de la température) :

- état solide (glace),
- état liquide,
- état gazeux (vapeur).

On considère que l'eau « bout » (se vaporise) à 100 °C, et gèle (se solidifie) à 0 °C aux conditions normales de pression, c'est-à-dire à la pression

atmosphérique normale (1 013 mbar = 1 bar, pression mesurée au niveau de la mer).

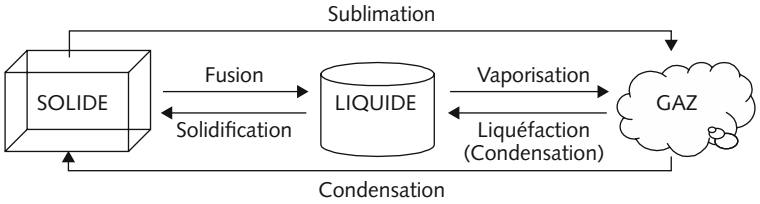


Figure 1.1 – Changements d'état de l'eau

Attention

On a pris pour habitude d'utiliser le terme « condensation » pour décrire le passage de l'eau de l'état gazeux (vapeur d'eau) à l'état liquide.
C'est pour cela que l'on parlera de condenseur dans les appareils frigorifiques.

À noter

Les changements d'état d'un corps pur s'effectuent à température constante.

La **chaleur sensible** correspond à la quantité de chaleur qui produit un changement de température sans changement d'état.

La **chaleur latente** correspond à la quantité de chaleur nécessaire pour obtenir un changement d'état sans changement de température. La chaleur latente de vaporisation de l'eau est de 2 258 kJ/kg soit 0,628 kWh/kg.

■ Changement d'état d'un corps pur à pression constante en fonction de la température

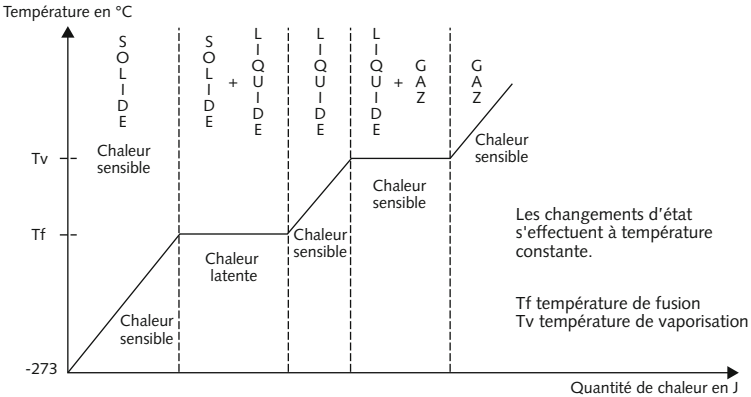


Figure 1.2 – Changement d'état d'un corps pur à pression constante en fonction de la température

La vaporisation de 1 kg d'eau produit 1,69 m³ de vapeur et consomme une quantité d'énergie de 0,628 kWh.

La vaporisation est un changement d'état qui absorbe de l'énergie.

La condensation de 1 m³ de vapeur produit 0,9 kg d'eau et dégage une quantité d'énergie de 0,370 kWh.

La condensation est un changement d'état qui dégage de l'énergie.

L'enthalpie (h) correspond à la quantité de chaleur accumulée par l'eau, dans un état donné et à température constante. L'enthalpie de l'eau liquide (chaleur sensible) à 100 °C est de 417,5 kJ/kg. L'enthalpie de la vapeur d'eau (chaleur sensible + chaleur latente) est de 2 675 kJ/kg (2 258 + 417 = 2 675 en valeurs arrondies).

■ Changement d'état de l'eau pure en fonction de la pression et de la température

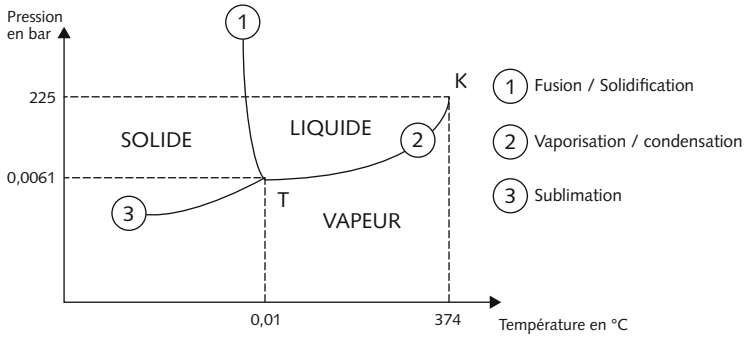


Figure 1.3 – Diagramme de changement d'état de l'eau

T est le point triple de l'eau et **K** son point critique.

À partir du point K, il y a passage continu entre les phases liquide et vapeur, la chaleur latente de vaporisation de l'eau devient nulle.

On voit donc que l'état d'un corps (solide – liquide – gazeux) dépend d'une **relation pression-température**. Cette relation pression-température est essentielle dans les systèmes de climatisation.

Ainsi l'eau est liquide à 20 °C et à pression atmosphérique normale, mais se vaporise si on fait le vide (pression négative) dans l'installation. C'est ce qui se passe parfois dans le phénomène de **cavitation** rencontré sur l'aspiration d'une pompe. Il faudra tenir compte de cette baisse de pression dans le choix de la puissance et de la position de la pompe.

De la même manière, en altitude, l'eau se vaporise à une température inférieure à 100 °C.

Quelques valeurs sont données dans le tableau 1.12.

Tableau 1.12 – Température d'ébullition de l'eau en fonction de la pression (pression absolue)

Pression absolue	Température d'ébullition (°C)
Vide : 66 mbar	0
Mont Blanc : 600 mbar	85

…

Pression absolue	Température d'ébullition (°C)
Puy-de-Dôme : 840 mbar	95
Pression atmosphérique normale (au niveau de la mer) : 1013 mbar	100
Pression dans une installation d'eau :	
2 bar	120
3,7 bar	140
6,3 bar	160
10,2 bar	180
16 bar	200

La **pression absolue** est égale à la pression relative (pression mesurée) + 1 (en bar).

$$P_{abs} = P_{relative} + 1$$

Si l'eau se transforme en glace, elle augmente de volume d'environ 9 %, et la pression diminue la température de congélation, l'eau sous pression gèle donc à une température inférireure à 0 °C.

Lorsqu'une tuyauterie gèle, la pression exercée par l'eau sur les paroies intérieures de la conduite s'élève d'environ 60 bars pour chaque degré d'abaissement du point de congélation, aucune canalisation ne résistera.

Il faudra :

- isoler la tuyauterie pour retarder l'apparition du point de congélation ;
- la vidanger entièrement pour supprimer tout risque de congélation ;
- l'enterrer suffisament profondément (à 2 mètres de profondeur, la température du sol est constante, environ 10 °C).

■ Température de fusion et de vaporisation

Chaque corps est caractérisé par une température de fusion et de vaporisation, les tableaux 1.13 et 1.14 donnent quelques valeurs caractéristiques.

Tableau 1.13 – Température de fusion

Corps usuels	Température de fusion (°C)
Acier	1400
Aluminium	658

…

Corps usuels	Température de fusion (°C)
Argent	962
Bronze	800
Carbone	4000
Chrome	1615
Cuivre	1083
Étain	232
Fer	1530
Fonte blanche	1275
Fonte grise	990
Glace	0
Laiton (30 % de zinc)	940
Plomb	327
Verre	1100

La vaporisation peut s'effectuer de plusieurs manières :

- par évaporation : la vaporisation est lente, elle dépend de la surface, de la température, de l'humidité relative de l'air et de la présence de vents. Elle s'effectue à des températures inférieures à celles mentionnées dans le tableau 1.14 ;
- par ébullition : la vaporisation est rapide.

Tableau 1.14 – Température d'ébullition

Corps usuels	Température d'ébullition (°C)
Alcool	78
Eau	100
Eau de mer	103
Pétrole	106
Zinc	931

Lorsque l'on augmente la température d'un liquide, notamment des hydrocarbures, une partie va commencer à se vaporiser ce qui permettra d'obtenir l'inflammation du liquide. Cette température s'appelle le **point éclair**.

2.4 Transmission de la chaleur

La chaleur correspond à l'agitation des atomes d'un corps : plus un corps est chaud, plus ses atomes vibrent et dégagent de la chaleur.

Un corps même à –20 °C contient de la chaleur, mais à 0 K, soit –273,15 °C, les atomes ne vibrent plus, il n'y a plus d'énergie.

Deux corps sont en équilibre thermique lorsque leurs températures sont identiques.

Si les deux corps ne sont pas en équilibre thermique, il y a transmission d'énergie.

Par convention, on dit que la chaleur se transmet du corps le plus chaud vers le corps le plus froid.

On étudie la conduction en « régime établi » (la température ne change pas au cours du temps).

La chaleur se transmet de trois manières différentes.

■ Conduction

C'est une transmission de chaleur de proche en proche par contact à travers les atomes ou les molécules d'un corps. C'est le mode de transmission de chaleur des solides.

Lorsqu'on chauffe l'extrémité d'une barre d'acier avec un chalumeau, la chaleur se transmet par conduction dans toute la barre (il faudra la tenir avec une pince).

Les métaux sont de bons conducteurs, les matériaux de construction (plâtre, brique, béton…) le sont moins. Le bois, la porcelaine sont peu conducteurs. L'air et les gaz sont de très mauvais conducteurs car les molécules y sont plus espacées les unes des autres que dans les liquides ou les solides.

Lorsqu'on fait le vide entre deux parois d'une bouteille thermos, il n'y a plus de transmission par conduction entre les deux parois (il n'y a plus qu'une transmission de chaleur par rayonnement).

À travers une paroi qui sépare deux milieux qui sont à des températures différentes, il y a transmission de chaleur par conduction (figure 1.4).

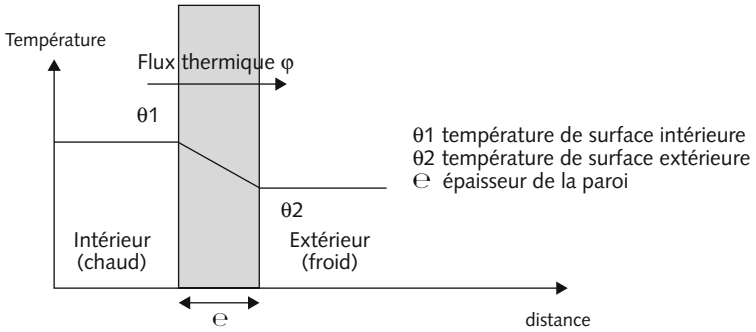


Figure 1.4 – Transfert thermique par conduction à travers une paroi

Les échanges à travers cette paroi s'effectuent selon les règles suivantes. Soit les grandeurs caractéristiques d'un matériau :

R : résistance thermique en $m^2 \cdot K/W$;
K : conductance thermique en $W/m^2 \cdot K$;
λ **:** conductivité thermique en $W/m \cdot K$.
On a :

$$R = \frac{e}{\lambda} \qquad K = \frac{1}{R}$$

avec e : épaisseur de la paroi en m.

À retenir
Le matériau est plus isolant quand R est grand ou λ petit.

Le flux thermique (φ) à travers la paroi est :

$$\varphi = \frac{\theta 1 - \theta 2}{R}$$

avec :
φ : flux thermique surfacique en W/m^2 ;
$\theta 1$: température de surface côté « chaud » en °C ;
$\theta 2$: température de surface côté « froid » en °C ;
R : résistance thermique en $m^2 \cdot K/W$.

Exemple

Soit le mur d'un local en béton armé (λ = 1,15 W/m·K) d'une surface de 25 m² et de 20 cm d'épaisseur. On mesure les températures de surface : $\theta 1$ = 18 °C et $\theta 2$ = 3 °C.
On peut calculer :

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,2}{1,15} = 0,174 \text{ m}^2\text{.K/W}$$

$$\text{et } \varphi = \frac{\theta 1 - \theta 2}{R} = \frac{18 - 3}{0,174} = 86,25 \text{ W/m}^2$$

On a un échange de chaleur :

$$\varphi \text{ total} = \varphi \times S = 86,25 \times 25 = 2\,156,25 \text{ W}$$

■ Convection

Si on chauffe un fluide (eau ou air) par contact avec un solide chaud, il se dilate, c'est-à-dire qu'il augmente de volume, sa masse volumique et sa densité deviennent plus faibles. Devenu plus léger que le fluide se trouvant autour, il s'élève vers le haut alors que le reste du fluide non encore chauffé et plus dense s'écoule vers le bas.

Le mouvement qui en résulte s'appelle « courant de convection ». Le fluide transporte ainsi la chaleur qu'il cède à un autre solide, ici le plafond (figure 1.5). On retrouve le même phénomène dans les ballons de stockage d'eau chaude : l'eau chaude monte vers le haut du réservoir et l'eau plus froide descend. On parle alors de **stratification**.

Les liquides et les gaz s'échauffent principalement par convection, d'où la nécessité, pour les échauffer, de placer la source de chaleur près des parties inférieures.

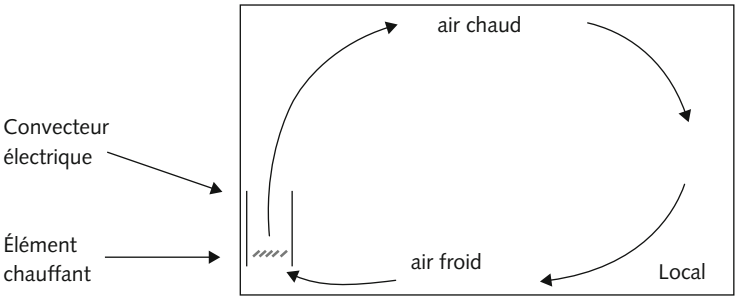


Figure 1.5 – Transfert thermique par convection dans un local

■ Rayonnement

Les corps chauds irradient de la chaleur en produisant des ondes électromagnétiques qui se transmettent même à travers le vide. Ces ondes (ce sont donc des vibrations), en arrivant sur un corps, sont en partie absorbées (transformées en chaleur), en partie réfléchies ou transmises (figure 1.6).

La quantité de chaleur produite est d'autant plus grande que la température du corps est chaude.

Les corps brillants, polis et clairs rayonnent moins que les corps mats et sombres, c'est pourquoi les corps peints en noir possèdent un meilleur rendement.

Les corps qui rayonnent mal absorbent mal la chaleur.

Le soleil nous chauffe par rayonnement (il suffit de passer d'une zone ombragée à une zone ensoleillée pour sentir l'effet du rayonnement).

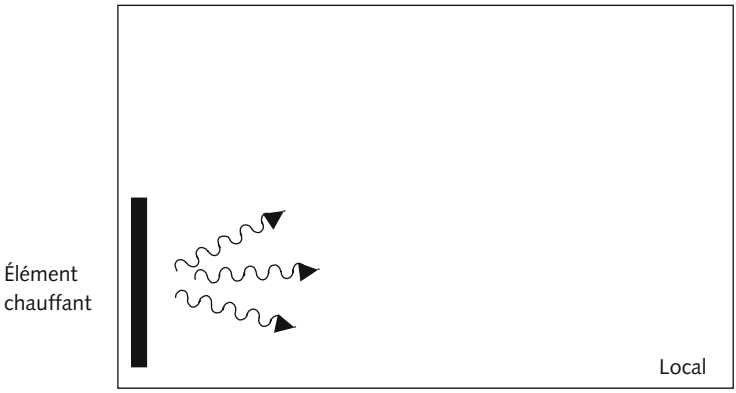


Figure 1.6 – Transfert thermique par rayonnement dans un local

La conduction, la convection et le rayonnement se produisent presque toujours en même temps dans des proportions qui varient, c'est ce qui se passe notamment pour la transmission à travers une paroi de réservoir d'eau chaude.

Le rayonnement apporte un confort immédiat (comme devant une cheminée), c'est pour cela que l'on place les radiateurs sous les fenêtres : pour compenser la sensation de froid due à la perte de chaleur du mur extérieur (on parle de paroi froide). On peut considérer un mode d'échange supplémentaire.

■ Mélange

Si on mélange deux liquides qui ont des températures différentes, on peut calculer la température du mélange (θm) en fonction des volumes et des températures des deux fluides au départ.

$$\theta\,mélange = \frac{(\theta 1 \text{ x } V1) + (\theta 2 \text{ x } V2)}{V1 + V2}$$

θ1, V1 : température et volume du liquide 1 ;
θ2, V2 : température et volume du liquide 2 ;
θm, Vm : température et volume du mélange.
On obtient un volume de liquide Vm = V 1 + V 2 à une température θm.

Exemple

Soit 5 l d'eau à 10 °C mélangés avec 5 l d'eau à 80 °C :

$$Vm = 5 + 5 = 10 \text{ l à } \theta m = \frac{(10 \times 5) + (80 \times 5)}{5 + 5} = \frac{450}{10} = 45 \text{ °C}$$

Sur la base de la réglementation thermique 2005 qui fixe les consommations d'eau mitigée à 40 °C, il est possible de calculer le volume d'eau chaude stockée à 70 °C.

Dans la pratique

Pour produire 1 785 l d'eau chaude à 40 °C, à partir d'une eau froide à 10 °C et d'une eau chaude à 70 °C, il faudra mélanger 892,5 l d'eau froide à 10 °C avec 892,5 l d'eau chaude à 70 °C :

$$\theta m = \frac{(10 \times 892{,}5) + (70 \times 892{,}5)}{892{,}5 + 892{,}5} = \frac{71\,400}{1\,785} = 40 \text{ °C}$$

$$Vm = 892{,}5 + 892{,}5 = 1\,785 \text{ l}$$

Ce type de calcul peut s'appliquer aux calculs de débits.

Si on mélange deux liquides qui ont des débits et des températures différentes, on peut calculer la température du mélange en fonction des débits et des températures des deux fluides au départ :

$$\theta \text{ mélange} = \frac{(\theta 1 \times q_v 1) + (\theta 2 \times q_v 2)}{q_v 1 + q_v 2}$$

$\theta 1$, $q_v 1$: température et débit du fluide 1 ;
$\theta 2$, $q_v 2$: température et débit du fluide 2 ;
θm, $q_v m$: température et débit du mélange.
On obtient un débit $q_v m = q_v 1 + q_v 2$ à une température θm.

Exemple

Soit 10 l/min d'eau à 10 °C mélangés avec 5 l/min d'eau à 80 °C :

$$q_v m = 10 + 5 = 15 \text{ l/min à } \theta\ m = \frac{(10 \times 10) + (80 \times 5)}{10 + 5} = \frac{500}{15} = 33{,}3 \text{ °C}$$

On obtiendra donc un débit de 15 l/min à une température de 33,3 °C.

2.5 Énergie et quantité de chaleur

L'unité de la quantité de chaleur (ou d'énergie) du système international est le **joule**. On l'utilise dans les systèmes travaillant sur l'air (traitement d'air…). Sur les systèmes à eau chaude, on utilise le plus souvent le **kilowattheure** (kWh) qui correspond à l'énergie facturée et qui permet d'éviter de manipuler des chiffres trop grands :

1 kWh = 3 600 000 J = 3 600 kJ

1 kWh est l'énergie fournie en 1 heure par un appareil d'une puissance de 1 kW.

$$E = P \times t$$

E en J, P en W et t en s, ou E en kWh, P en kW et t en h.

Anciennes unités

La thermie (th) et la calorie (cal) ne doivent plus être utilisées depuis 1977 mais on les retrouve encore parfois dans les notices d'anciens appareils encore en service aujourd'hui, il faut donc pouvoir faire la conversion :

- La **calorie** est la quantité d'énergie nécessaire pour élever la température de **1 gramme** d'eau de 1 °C.
- La **kilocalorie** est la quantité d'énergie nécessaire pour élever la température de **1 litre** d'eau de 1 °C.
- La **thermie** est la quantité d'énergie nécessaire pour élever la température de **1 m³** d'eau de 1 °C. On l'appelle aussi la petite calorie.

Le fluide utilisé dans nos installations étant l'eau, on le caractérise par sa **chaleur massique (ou capacité calorifique)** qui représente la quantité

de chaleur nécessaire pour changer la température de 1 kg d'eau de 1 °C (ou 1 K) à pression constante : on la note $\mathbf{C_p}$ ou **C**, elle dépend de la température et de l'état du fluide.

Dans la pratique : pour l'eau, on prendra : $C = 4{,}185\ kJ/kg{\cdot}K$.

Si on considère la masse volumique ρ de l'eau égale à 1 000 kg/m³ ou 1 kg/l, on pourra écrire : $C = 1{,}163\ kWh/m^3{\cdot}K$ (ou 1,163 Wh/l. K).

- L'énergie nécessaire pour élever d'une température Δθ, une masse d'eau m (en kg) sera :

$$E = m \times C_p \times \Delta\theta$$

E en kJ avec C = 4,185 kJ/kg·K, m en kg, Δθ en °C ou K.

- L'énergie nécessaire pour élever d'une température Δθ, un volume d'eau V (en m³) sera :

$$E = V \times C_p \times \Delta\theta$$

E en kWh avec C = 1,163 kWh/m³·K, V en m³, Δθ en °C ou K
avec p = 1 000 kg/m³

Application

Pour élever la température d'une piscine de 100 m³ de 10 °C, il faudra :

$E = m \times C_p \times \Delta\theta = (100 \times 1\,000) \times 4{,}185 \times 10 = 4\,185\,000$ kJ

$E = 4\,185\,000\ kJ = \dfrac{4\,185\,000}{3\,600} = 1\,162{,}5$ kWh

ou

$E = V \times C_p \times \Delta\theta = 100 \times 1{,}163 \times 10 = 1\,163$ kWh

Pour convertir les kJ en kWh, on utilise : 1 kWh = 3 600 kJ. Les deux résultats sont équivalents.

Unités actuelles

1 kWh élève de 0,86 °C la température de 1 000 l d'eau ou de 1 °C la température de 860 l d'eau.
1 Wh élève de 0,86 °C la température de 1 l d'eau ou de 1 °C la température de 0,86 litre d'eau.

Pour convertir les unités d'énergie, on utilisera le tableau 1.15.

©

Tableau 1.15 – Conversion des unités d'énergie*

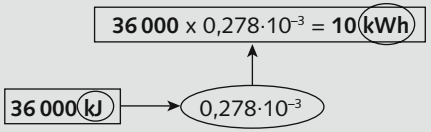
	Symbole	kWh	Wh	J	kJ	cal	kcal ou mth	th	BTU
1 kilowattheure	kWh	1	1000	$3{,}6 \cdot 10^{6}$	3600	$860 \cdot 10^{3}$	860	0,86	3 412
1 wattheure	Wh	10^{-3}	1	$3{,}6 \cdot 10^{3}$	3,6	860	0,86	$0{,}86 \cdot 10^{-3}$	3,412
1 joule	J	$0{,}278 \cdot 10^{-6}$	$0{,}278 \cdot 10^{-3}$	1	10^{-3}	0,239	$0{,}239 \cdot 10^{-3}$	$0{,}239 \cdot 10^{-6}$	$0{,}947 \cdot 10^{-3}$
1 kilojoule	kJ	$0.278 \cdot 10^{-3}$	0,278	1000	1	239	0.239	$0{,}239 \cdot 10^{-3}$	0,947
1 calorie	cal	$1{,}163 \cdot 10^{-6}$	$1{,}163 \cdot 10^{-3}$	4,185	$4{,}185 \cdot 10^{-3}$	1	10^{-3}	10^{-6}	$3{,}965 \cdot 10^{-3}$
1 kilocalorie ou 1 millithermie	kcal mth	$1{,}163 \cdot 10^{-3}$	1,163	4185	4,185	1000	1	10^{-3}	3,965
1 thermie	th	1,163	1163	$4{,}185 \cdot 10^{6}$	$4{,}185 \cdot 10^{3}$	10^{6}	1000	1	3 965
1 BTU	BTU	$0{,}293 \times 10^{-3}$	0,293	1 055	1,055	252	0,252	$0{,}252 \times 10^{-3}$	1

* Dans le système anglo-saxon, on utilise comme unité d'énergie le BTU (*British Thermal Unit*) :
1 kJ = 0,9479 BTU.

Application

Pour convertir 36000 kJ en kWh, on effectue l'opération suivante :

$$36000 \times 0.278 \times 10^{-3} = 10 \text{ kWh}$$



On retiendra que 1 joule est égal à 1 watt par seconde (1 J = 1 W/s) :

3 600 kJ = 1 kWh

1 kWh = 1 x 3 600 = 3 600 kJ

Remarque

La capacité calorifique représente aussi la quantité d'énergie (de chaleur) contenue dans l'eau (il faut $1{,}163 \times 100 \times 40 = 4652$ Wh pour élever la température de 100 l d'eau de 40 °C ; si cette eau refroidit de 40 °C, elle cèdera 4652 Wh).

2.6 POUVOIR CALORIFIQUE

Pour produire de la chaleur, on brûle un combustible. Ce combustible est caractérisé par son **pouvoir calorifique** qui représente la quantité de chaleur produite par la combustion d'un kilogramme (solides et liquides) ou d'un mètre cube (gaz) de combustible. Il s'exprime en kWh/kg ou en $kWh/m^3_{(n)}$.

En France, on utilise pour les calculs le **pouvoir calorifique inférieur** (PCI ; voir chapitre 16 sur le gaz). On utilise dans d'autres pays européens (l'Allemagne par exemple) le pouvoir calorifique supérieur (PCS).

Tableau 1.16 – Pouvoir calorifiques inférieurs (PCI) de quelques combustibles

Combustibles	PCI moyen (kWh/kg)	Combustibles	PCI moyen ($kWh/m^3_{(n)}$)
Bois sec	3,5 à 4,6	Propane	25,4
Tourbe sèche	4 à 5,8	Butane	33
Charbon de bois	7,5	Gaz naturel H	10,5
Fuel domestique	10,4	Gaz naturel B	9,3
Granulés de bois	4,5	Air propané	6,9

Le pouvoir calorifique inférieur des gaz de pétrole liquéfiés se donne aussi en kWh/kg : PCI du butane = 12,7 kWh/kg, PCI du propane = 12,9 kWh/kg.

Le pouvoir calorifique des combustibles solides dépend de leurs taux d'humidité. Plus ils seront secs, plus leurs pouvoirs calorifiques seront élevés.

2.7 Puissance

La puissance d'un appareil correspond au travail effectué pendant un temps donné (1 seconde). En thermique, on parle de **puissance calorifique**, elle correspond à la quantité de chaleur produite par un appareil.

Dans le système international on utilise le **watt** ou le **kilowatt**. 1 watt représente un travail de 1 joule effectué en 1 seconde :

$$1\ W = 1\ J/s$$

Ou plus généralement :

$$P = \frac{E}{t}$$

P en W, E en J et t en s, ou P en kW, E en kWh et t en h.

En thermique, l'unité de temps considérée est souvent l'heure (1 h).

Application

S'il faut une quantité d'énergie E = 1 163 kWh pour élever la température d'une piscine de 100 m³ de 10 °C, si on dispose d'une chaudière de 23 kW de puissance, il faudra 50 h 33 min à la chaudière pour effectuer ce travail (en ne tenant pas compte des déperditions de chaleur de la piscine durant ces 50 h).
Pour trouver ce résultat, on effectue le calcul :

$$t = \frac{E}{P} = \frac{1\,163}{23} = 50{,}56 \text{ h soit } 50 \text{ h } 33 \text{ min et } 36 \text{ s}$$

Le fluide utilisé dans nos installations étant l'eau, la puissance nécessaire pour élever un débit d'eau qm (en kg/s) d'une température $\Delta\theta$ sera :

$$P = q_m \times C_p \times \Delta\theta$$

P en kJ/s avec C_p = 4,185 kJ/kg·K.

La puissance nécessaire pour élever un débit d'eau q_v (en m³/h) d'une température $\Delta\theta$ sera :

$$P = q_v \times C_p \times \Delta\theta$$

P en kW avec C_p = 1,163 kWh/m³·K.

Application

Pour élever la température d'une piscine de 100 m³ de 10 °C à l'aide d'une pompe de 10 m³/h et d'un échangeur ayant la capacité d'élever la température de 20 °C (pour un débit de 10 m³/h), il faudra que la puissance de l'échangeur soit de :

$$P = q_m \cdot C_p \cdot \Delta\theta = \left(\frac{10 \text{ x } 1\,000}{3\,600}\right) \text{x } 4{,}185 \text{ x } 20 = 232{,}5 \text{ kJ/s} = 232{,}5 \text{ kW}$$

car on a : 1 kJ/s = 1 kW
ou

$$P = q_v \cdot C_p \cdot \Delta\theta = 10 \text{ x } 1{,}163 \text{ x } 20 = 232{,}6 \text{ kW}$$

Si la quantité d'énergie nécessaire pour élever la température de 100 m³ de 10 °C est de 1 163 kWh (calcul au paragraphe précédent), la puissance de l'échangeur étant de 232,6 kW, le temps nécessaire pour chauffer la piscine sera de :

$$t = \frac{E}{P} = \frac{1\,163}{232{,}6} = 5 \text{ h}$$

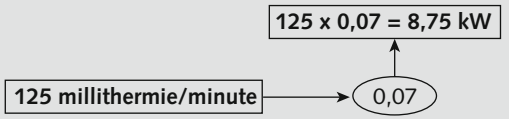
Pour convertir les anciennes unités que l'on trouve sur les appareils, on effectuera les conversions à partir du tableau 1.17.

Tableau 1.17 – Conversion des unités de puissance

	Symbole	kW	W	th/h	kcal/h	th/min	mth/min
1 kilowatt	kW	1	1000	0,86	860	$1{,}43 \cdot 10^{-2}$	14,3
1 watt	W	10^{-3}	1	$0{,}86 \cdot 10^{3}$	0,86	$1{,}43 \cdot 10^{-5}$	$1{,}43 \cdot 10^{-2}$
1 thermie/ heure	th/h	1,163	1 163	1	1000	0,017	17
1 kilocalorie/ heure	kcal/h	$1{,}163 \cdot 10^{-3}$	1,163	10^{-3}	1	$1{,}7 \cdot 10^{-5}$	0,017
1 thermie/ minute	th/min	70	$7 \cdot 10^{4}$	60	$6 \cdot 10^{4}$	1	1 000
1 millithermie/ minute	mth/min	0,07	70	0,06	60	10^{-3}	1

Exemple

Dans le cas d'un ancien chauffe-eau 125 mth/min, pour convertir 125 mth/min en kW, on effectue l'opération suivante : 125 × 0,07 = 8,75 kW



2.8 Rendement η (êta) ou Rdt

On peut comparer la puissance absorbée (consommée) et la puissance fournie (produite ou utile) d'une chaudière ou d'un moteur électrique.

Une chaudière consomme plus d'énergie qu'elle n'en produit, il va y avoir des pertes de chaleur dans les fumées.

Le rendement est le rapport entre la puissance consommée et la puissance utile. On le calcul de la manière suivante :

$$\eta = \frac{P\ utile}{P\ consommée}$$

P en kW ; η (êta) sans dimension.

Exemple

Une chaudière dont le brûleur a une puissance de 50 kW (puissance consommée) et qui fournit une puissance utile de 48 kW aura un rendement de :

$$\eta = \frac{48}{50} = 0{,}96$$

Attention

Si on veut exprimer le rendement en pourcentage, il suffit de multiplier ce chiffre par 100 :

$$0{,}96 \times 100 = 96\ \%$$

La forme 0,96 est à utiliser dans les formules.

Selon le document utilisé, on trouvera diverses appellations pour exprimer la puissance consommée :

P consommée = P absorbée = P brûleur = P calorifique

$P_{conso} = P_{abs} = P_B$ (ou P_b) = P_{cal} (ou Q ou Q_{cal})

Ou pour exprimer la puissance produite :

P produite – P restituée – P utile (Pu) – P Nominale

On peut effectuer plus généralement le calcul à partir de l'énergie produite et consommée :

$$\eta = \frac{E\ produite}{E\ consommée}$$

E en kWh ; η (êta) sans dimension, pour une utilisation dans une formule

$$\eta = \frac{P\ produite}{P\ consommée} \times 100$$

P en kW ; η (êta) en %, exprimé dans la documentation.

2.9 Pression

L'unité de pression du système international est le **pascal** (Pa), on l'utilise pour les mesures de pressions faibles (tirage d'une cheminée…). Pour les liquides, on utilise plus fréquemment le **bar** (bar).

On trouvera encore dans certains documents techniques les **mètres de colonne d'eau** (mCE, parfois mH_2O), plus rarement les millimètres de mercure (mmHg) ou l'atmosphère (atm).

1 pascal correspond à une pression (P) produite par une force (F) de 1 newton agissant sur une surface (S) de 1 mètre carré.

$$P = \frac{F}{S}$$

P pression en Pa (N/m^2) ; F force en N ; S surface en m^2.

1 bar = 100 000 Pa = 100 kPa = 1 000 hPa ; 1 mbar = 1 hPa

1 bar représente donc la force exercée par une masse de 1 kg sur une surface de 1 cm^2 (l'ancienne unité utilisée était le kg/cm^2, interdite d'usage aujourd'hui).

■ Cas particulier des liquides

Pour les liquides, la force prise en considération est le poids qui dépend de sa masse volumique, de son volume (Hauteur × Surface) et de la pesanteur *g* :

poids = $\rho \times (S \times H) \times g$, soit, si l'on simplifie la formule de la pression :

$$P = \frac{\rho \,.\, S \,.\, H \,.\, g}{S} = \rho \,.\, H \,.\, g = \rho \,.\, g \,.\, H$$

P : pression en Pa (N/m^2) ;
ρ : masse volumique en kg/m^3 soit 1 000 kg/m^3 ;
H : hauteur en m ;
g : pesanteur = 9,81 m/s^2 ;
S : section ou surface en m^2.

Exemple

Ainsi la pression exercée sur une surface de 1 m^2 située sur le fond d'un bassin ayant une hauteur d'eau de 10 m sera de :
$P = 1\,000 \times 9{,}81 \times 10 = 98\,100$ Pa = 0,981 bar, soit environ 1 bar.
Pour avoir 1 bar, il faudrait prendre une hauteur de 10,2 m
$P = 1\,000 \times 10{,}2 \times 9{,}81 = 100\,062$ Pa = 1 bar.

On peut voir dans cette formule que la pression ne dépend que :

- de la masse volumique du liquide considéré (ρ) ;
- de la hauteur d'eau au-dessus du point de mesure (10,2 m de colonne d'eau = 1 bar).

La taille et la forme du bassin n'ont donc pas d'importance, seule la hauteur d'eau est à prendre en compte.

Ainsi, si on alimente un bassin de stockage de 10 000 litres étanche à partir d'une tuyauterie branchée sur un canal situé 50 m plus haut, la pression au fond du bassin dépendra peu de sa hauteur (s'il mesure 2 m de haut, la pression due à sa hauteur sera de 0,2 bar), mais de la hauteur entre le fond du bassin et le canal. Dans notre exemple, une hauteur de 52 m correspond pas à une pression de 5,2 bar au fond du bassin. Les 20 l contenus dans la tuyauterie d'alimentation du bassin, par la pression qu'ils exercent sur le fond du bassin, le feront éclater. Il faudra dans ce cas prévoir une rupture de charge entre la tuyauterie et le bassin (par exemple un robinet flotteur et une mise à l'air libre du bassin).

De la même manière si on utilise un réservoir plastique de 1 m^3 pour alimenter un arrosage situé en contrebas de la cuve, il faut prévoir une mise à l'air libre du réservoir pour éviter de créer une pression négative dans la cuve (l'eau s'écoulant dans le tuyau situé 20 m plus bas va créer une pression négative au branchement de la cuve de 2 bar, ce qui aura pour effet de détruire la cuve).

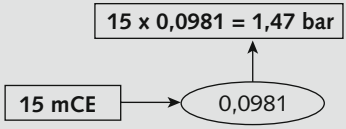
Tableau 1.18 – Conversion des unités de pression*

	Symbole	kPa	hPa	daPa	Pa	bar	mbar	mCE	mmCE	mm Hg	atm
1 kilopascal	kPa	1	10	100	1 000	0,01	10	0,102	102	7,5	$0{,}987 \cdot 10^{-2}$
1 hectopascal	hPa	0,1	1	10	100	10^{-3}	1	$1{,}02 \cdot 10^{-2}$	10,2	0,75	$0{,}987 \cdot 10^{-3}$
1 décapascal	daPa	0,01	0,1	1	10	10^{-4}	0,1	$1{,}02 \cdot 10^{-3}$	1,02	0,075	$0{,}987 \cdot 10^{-4}$
1 pascal	Pa	0,001	0,01	0,1	1	10^{-5}	0,01	$1{,}02 \cdot 10^{-4}$	0,102	$7{,}5 \cdot 10^{-3}$	$0{,}987 \cdot 10^{-5}$
1 bar	bar	100	1 000	10000	100000	1	1 000	10,2	10200	750	0,987
1 millibar	mbar	0,1	1	10	100	10^{-3}	1	$1{,}02 \cdot 10^{-2}$	10,2	0,75	$0{,}987 \cdot 10^{-3}$
1 mètre de **colonne d'eau**	mCE	9,81	98,1	981	9810	0,0981	98,1	1	1000	73	0,1
1 millimètre de **colonne d'eau**	mmCE	$9{,}81 \cdot 10^{-3}$	$9{,}81 \cdot 10^{-2}$	0,981	9,81	$9{,}81 \cdot 10^{-5}$	0,0981	10^{-3}	1	0,073	$0{,}968 \cdot 10^{-4}$
1 millimètre de **mercure**	mmHg	0,133	1,333	13,33	133,3	$1{,}33 \cdot 10^{-3}$	1,333	0,0136	13,6	1	$1{,}32 \cdot 10^{3}$
1 atmosphère	atm	101,32	1013,25	10132,5	101325	1,013	$1{,}013 \cdot 10^{3}$	10,33	10330	760	1

* Dans le système anglo-saxon, on utilise comme unité le PSI (livre par pouce carré), 1 bar = 14,5 PSI.

Exemple

Pour convertir 15 mCE en bar on effectue l'opération suivante :
15 × 0,0981 = 1,47 bar :



Si la masse volumique (ρ) change, la pression sera différente comme le montre la formule de calcul de la pression.

2.10 Masse volumique

La masse volumique ρ (rhô), en kg/m³ ou en g/dm³, représente le rapport entre la masse (en kg) et le volume (en m³) d'un corps homogène.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ρ en kg/m³ ; m en kg ; V en m³.

Sauf indications contraires, les masses volumiques sont données pour une température de 20 °C.

À retenir

Pour l'eau, on prendra selon les unités utilisées dans la formule :

ρ eau = 1 000 kg/m³ = 1 000 g/dm³ = 1 kg/dm³ = 1 kg/l

Dans la pratique

La masse volumique d'un corps varie en fonction de la température et de la pression. Le volume de l'eau et donc sa masse volumique (à la pression atmosphérique) évoluent en fonction de la température.

Tableau 1.19 – Masse et volume de l'eau entre 0 et 300 °C

Température (°C)	1 litre d'eau à 4 °C devient	Masse en kg de 1 l d'eau à la température donnée
0	1,000 127	0,999 88
2	1,000 032	0,999 96
4	1,000 000	1,000 00
5	1,000 008	0,999 99
10	1,000 272	0,999 73
15	1,000 874	0,999 13
20	1,001 770	0,998 23
25	1,002 934	0,997 07
30	1,004 343	0,995 67
35	1,005 976	0,994 05
40	1,007 810	0,992 25
45	1,009 850	0,990 24
50	1,012 060	0,988 08
55	1,014 480	0,985 77
60	1,016 980	0,983 26
65	1,019 790	0,980 60
70	1,022 700	0,977 82
75	1,027 760	0,974 90
80	1,028 990	0,971 85
85	1,032 320	0,968 68
90	1,035 900	0,965 33
95	1,039 590	0,962 00
100	1,043 120	0,958 40
120	1,061 000	0,943 62
150	1,091 200	0,918 00
200	1,160 000	0,863 00
300	1,420 000	0,700 00
320	1,510 000	0,660 00

Ce changement de volume doit être pris en compte dans toutes les installations d'eau car il peut provoquer des dégâts importants.

À partir de ce tableau 1.19, on pourra calculer le volume d'expansion dû à l'augmentation de volume provoqué par le changement de température.

Application

De l'eau qui passe de 10 °C à 90 °C va changer de volume et passer de 1,000 272 l à 1,035 900 l, c'est-à-dire 0,035 628 l en plus (soit une augmentation de 3,56 %). Ainsi si l'installation contient au départ 100 l à 10 °C, à 90 °C il y aura 103,56 l.

Pour les installations de chauffage dans lesquelles la température n'est pas constante (température départ 80 °C et température retour 60 °C par exemple), on prendra la **température moyenne** de l'eau dans l'installation (ici (80 + 60)/2 = 70 °C) et on utilisera des coefficients de dilatation qui représenteront des moyennes en fonction des températures. (Cf. chapitre 18, Installations de chauffage : les vases d'expansion).

■ Masse linéaire

Pour les tuyauteries utilisées dans la profession, les fabricants donnent des masses linéaires plutôt que des masses volumiques car elles permettent de calculer plus facilement le poids d'un ouvrage.

Exemple*

Tuyauterie	Masse en kg de 1 m de tube
Tuyauterie acier 26,9 × 2,3 tarif 1	1,40
Tuyauterie acier 26,9 × 2,6 tarif 3	1,56
Tuyauterie cuivre 22 × 1	0,59

(*voir les tableaux complets au chapitre « les canalisations d'eau sous pression »).

Ces masses linéaires sont importantes pour les gros diamètres car elles permettent de calculer le poids d'une barre (73,2 kg pour une barre de

4'(114,3 × 4,5)), et les moyens à mettre en œuvre (levage, personnels, fixations, transport…).

Dans tous les cas, pour la mise en œuvre, il faudra respecter les recommandations, normes et règles de l'art en vigueur et consulter les documentations constructeurs.

2.11 Densité

La densité, d, est un nombre sans unité.

La **densité d'un solide ou d'un liquide** est donnée par :

$$d = \frac{\rho \text{ du corps en kg/m}^3}{\rho \text{ de l'eau en kg/ m}^3}$$

(ρ = masse volumique)

La densité d'un liquide ou d'un solide est le rapport entre la masse d'un certain volume de ce corps et la masse du même volume d'eau à 4 °C : masse volumique de l'eau, ρ eau = 1 000 kg/m³.

La **densité d'un gaz** est donnée par :

$$d = \frac{\rho \text{ du gaz en kg/m}^3}{\rho \text{ de l'air en kg/ m}^3}$$

La densité d'un gaz est le rapport entre la masse d'un certain volume de ce gaz et la masse du même volume d'air.

On prendra comme masse volumique de l'air à la pression normale : ρ air = 1 kg/m³, mais en réalité la masse volumique de l'air dépend de la température et de l'humidité relative (quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air). Elle est par exemple de 1,2 kg/m³ pour de l'air à 20 °C et 40 % d'humidité relative.

Les méthodes de calcul de la masse volumique et de la densité varient en fonction des pays, il faudra les vérifier et utiliser des tableaux de correspondances.

Les corps ayant une densité inférieure à 1 sont plus légers que l'eau (ou l'air pour les gaz), les corps ayant une densité supérieure à 1 sont plus lourds que l'eau (ou l'air pour les gaz).

Tableau 1.20a – Masses volumiques et densités de quelques corps et gaz

Matériaux	Symboles	Masse volumique (kg/m³)	Densité
Métaux et alliages			
acier et fontes		6800 à 7850	6,8 à 7,8
aluminium	Al	2700	2,7
argent		10500	10,5
bronze		8400 à 9200	8,4 à 9,2
cuivre	Cu	8750	8,7
fer	Fe	7860	7,8
laiton		7300 à 8400	7,3 à 8,4
magnésium	Mg	1750	1,7
mercure	Hg	13600	13,6
or	Au	19300	19,3
plomb	Pb	11350	11,3
titane		4500	4,5
zinc	Zn	7150	7,1
Roches et minéraux			
ardoise		2750	2,8
argile		1700	2
béton		1800 à 2500	1,8 à 2,5
calcaire		2650	2,6
granite		2650	2,6
grès		2600	2,6
pierre ponce*		910	0,9
porcelaine		2500	2,5
terre végétale		1250	1,2
verre (vitre)		2530	2,5
* La pierre ponce flotte donc car sa densité est inférieure à 1.			

…

Matériaux	Symboles	Masse volumique (kg/m³)	Densité
bois			
chêne		490 a 980	0,4 a 0,9
pin		740	0,7
sapin		450	0,4
Liquides			
eau	H_2O	1000	1
eau de mer		1030	1,03
glace à 0 °C		920	0,92
essence		750	0,7
gasoil		850	0,8
mercure	Hg	13600	13,6
Matières plastiques		90 à 2000	0,09 à 2
polypropylène		850 à 980	0,8 à 1
PVC		1200 à 1400	1,2 à 1,4
polystyrène expansé		10 à 30	0,01 à 0,03
Gaz			
air		1	1
air à 20 °C		1,2	1,2
butane	C_4H_{10}	2,10	2,1
propane	C_3H_8	1,52	1,5
méthane (gaz naturel)	CH_4	0,55	0,5
dioxyde de carbone	CO_2	1,97	2
monoxyde de carbone	CO	1,25	1,2
vapeur d'eau à 100 °C	H_2O	0,59	0,5
hélium	He	0,18	0,1
hydrogène	H_2	0,089	0,1

Remarques

À température ambiante, le gaz naturel a une densité inférieure à 1, il est plus léger que l'air et va s'accumuler en haut d'une pièce. Le butane et le propane ont une densité supérieure à 1, ils vont se répandre sur le sol et risquent de s'infiltrer dans les égouts.

Pour la terre végétale, lorsqu'on effectue des fouilles sur un terrain, il se produit un foisonnement (augmentation du volume) de 15 à 25 %. Lorsqu'on effectue un remblai compacté par couches successives, on obtient au contraire un tassement de 5 à 15 %.

On peut définir de la même manière le **volume massique** en m^3/kg qui correspond au volume occupé par 1 kg d'eau. Il augmente lorsque la température de l'eau augmente.

2.12 Débit d'un fluide

Le débit représente la quantité d'eau qui s'écoule dans une tuyauterie pendant un temps donné.

On caractérise le débit d'un fluide de deux manières :

- **débit massique,** q_m, en kilogrammes par seconde (kg/s) ;
- **débit volumique,** q_v, en mètres cubes par heure (m^3/h), en litre par seconde (l/s) ou en litre par minute (l/min).

On peut calculer le débit à partir des 2 formules suivantes :

Débit en fonction du volume et du temps :

$$q_v = \frac{V}{t}$$

q_v : débit en l/min ou l/s ou m^3/h ;
V : volume en l ou m^3 ;
t : temps en minutes, secondes, heures.

On peut donc calculer un débit en remplissant un réservoir dont on connaît le volume et en chronométrant le temps qu'il faut pour le remplir, il suffira ensuite d'appliquer la formule. On peut aussi utiliser un **débitmètre** (petit récipient en plastique gradué) qui donne directement le débit d'un robinet. La valeur n'est pas très précise.

Figure 1.7 – Débitmètre
La lecture se fait au plus bas du niveau de l'eau : ici, 9 litres par minute.

Débit en fonction de la vitesse et de la section :

$$q_v = v \times S$$

q_v : débit en m^3/s ;
v : vitesse en m/s ;
S : section en m^2.

Il faut dans cette formule bien faire attention à utiliser pour le calcul de la section un rayon ou un diamètre en **mètres** ($S = \pi R^2$ ou $S = \frac{\pi.D^2}{4}$), ou faire une conversion d'unité ($\times$ 3 600 pour passer des m^3/s aux m^3/h, $\times$ 1 000 000 pour passer des mm^2 aux m^2 si le calcul de la section a été fait en mm^2)…

Cette formule montre que la vitesse de l'eau dans la tuyauterie dépend directement de la section :

- si la section diminue, la vitesse augmente,

- si la section augmente, la vitesse diminue.

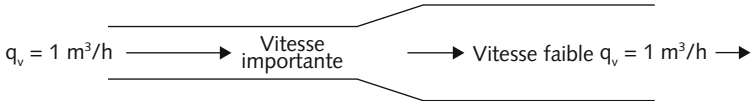


Figure 1.8 – Vitesse d'un liquide dans une tuyauterie

Le débit, lui, reste le même ; ce qui rentre d'un côté, ressort forcément de l'autre.

Les débits sont exprimés principalement en litres par seconde, en litres par minute ou en mètre cube par heure. Pour effectuer les correspondances on utilisera les formules suivantes ou le tableau de correspondance 1.21.

q_v en l/s = $\frac{q_v \text{ en l/min}}{60} = \frac{q_v \text{ en m}^3/\text{h}}{3{,}6}$
q_v en l/min = q_v en m³/h × 16,66 = q_v en l/s × 60
q_v en m³/h = q_v en l/min × 0,06 = q_v en l/s × 3,6

Tableau 1.21 – Correspondance des débits

l/s	l/min	m³/h	l/min	m³/h	l/s	m³/h	l/s	l/min
0,1	6	0,36	0,1	0,006	0,0016	0,1	0,027	1,66
0,2	12	0,72	0,2	0,012	0,0033	0,2	0,055	3,33
0,3	18	1,08	0,3	0,018	0,0050	0,3	0,083	5,00
0,4	24	1,44	0,4	0,024	0,0066	0,4	0,111	6,66
0,5	30	1,80	0,5	0,030	0,0083	0,5	0,138	8,33
0,6	36	2,16	0,6	0,036	0,0100	0,6	0,166	10,00
0,7	42	2,52	0,7	0,042	0,0116	0,7	0,194	16,66
0,8	48	2,88	0,8	0,048	0,0133	0,8	0,222	13,33
0,9	54	3,24	0,9	0,054	0,0150	0,9	0,250	15,00
1	60	3,6	1	0,060	0,0166	1	0,277	16,66
2	120	7,2	2	0,120	0,0333	2	0,555	33,33

…

l/s	l/min	m³/h	l/min	m³/h	l/s	m³/h	l/s	l/min
3	180	10,8	3	0,180	0,0500	3	0,833	50,00
4	240	14,4	4	0,240	0,0666	4	1,111	66,66
5	300	18,0	5	0,300	0,0833	5	1,388	83,33
6	360	21,6	6	0,360	0,1000	6	1,666	100,00
7	420	25,2	7	0,420	0,1166	7	1,944	166,66
8	480	28,8	8	0,480	0,1333	8	2,222	133,33
9	540	32,4	9	0,540	0,1500	9	2,500	150,00
10	600	36	10	0,600	0,1666	10	2,777	166,66
20	1200	72	20	0,120	0,3333	20	5,555	333,33
30	1800	108	30	0,180	0,5000	30	8,333	500,00
40	2400	144	40	0,240	0,6666	40	11,111	666,66
50	3000	180	50	0,300	0,8333	50	13,888	833,33
60	3600	216	60	0,360	1,0000	60	16,666	1000,00
70	4200	252	70	0,420	1,1666	70	19,444	1166,66
80	4800	288	80	0,480	1,3333	80	22,222	1333,33
90	5400	324	90	0,540	1,5000	90	25,000	1500,00
100	6000	360	100	0,600	1,6666	100	27,777	1666,66

Pour les autres valeurs on calculera par addition : 140 l/s = 6000 + 2400 = 8400 l/min.

■ Relation débit-pression

Pour augmenter le débit d'une installation, il est plus efficace d'augmenter le diamètre de la tuyauterie (pour une même vitesse d'eau, un tube de 100 mm de diamètre intérieur a un débit quatre fois plus élevé qu'un tube de 50 mm de diamètre intérieur), car le débit varie avec le carré du diamètre :

$$q_v = v \cdot \frac{\pi . D^2}{4}$$

Lorsqu'on augmente la pression, le débit augmente dans des proportions beaucoup moins importantes, si la pression est multipliée par 4, le débit est multiplié par $\sqrt{4}$, en application de la formule :

$$v = \sqrt{2\,g\,h}$$

(v = vitesse, g = 9,81, h = hauteur)
On pourra utiliser le tableau simplifié 1.22.

Tableau 1.22 – Relation débit-pression

Augmentation du débit en fonction de la pression									
Si la pression est multipliée par	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Le débit augmente de	41 %	73 %	100 %	123 %	144 %	164 %	182 %	200 %	216 %
Diminution du débit en fonction de la pression									
Si la pression diminue de :	5 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %
Le débit diminue de :	2,5 %	5 %	10 %	16 %	22 %	30 %	37 %	45 %	55 %	70 %

On pourra calculer le nouveau débit obtenu en faisant varier la pression à partir de la formule suivante :

$$q_{v2} = \sqrt{\frac{P_2}{P_1}} \times q_{v1}$$

P_1 : pression d'origine ;
q_{v1} : débit avant réglage ;
P_2 : pression après réglage ;
q_{v2} : débit obtenu.

Application

Si la pression d'origine est $P_1 = 4{,}2$ bar, le débit d'origine $q_{v1} = 15$ l/min, pour doubler le débit, il faudra que $\sqrt{\frac{P_2}{P_1}}$ soit égal à 2 soit :

$\frac{P_2}{P_1} = 4$ ou $P_2 = 4 \times P_1 = 4{,}2 \times 4 = 16{,}8$ bar.

Le débit a été doublé, mais la pression est beaucoup trop importante pour une installation sanitaire. La solution est donc bien d'augmenter le diamètre de la tuyauterie.

La solution qui consisterait à doubler le nombre de tubes n'est pas plus efficace que d'augmenter la pression. Si la vitesse est constante, en tenant compte des pertes de charge, le rapport entre les diamètres serait :

$$R = \frac{(\sqrt{D})^5}{(\sqrt{d})^5}.$$

Ainsi pour obtenir le même débit que pour une canalisation de diamètre D = 20 mm, il faudrait plus de 5 tuyauteries d'un diamètre d = 10 mm (5,3 exactement).

2.13 Théorème de Bernoulli

On peut très bien réaliser une installation hydraulique en respectant les règles de l'art sans savoir utiliser le théorème de Bernoulli, mais il est utile de le comprendre car de nombreuses formules en découlent.

Un fluide s'écoule dans une tuyauterie en fonction de trois énergies :

- l'énergie de position : Z, qui correspond à l'altitude ;
- l'énergie de pression : $\frac{P}{\omega}$
- l'énergie cinétique (liée à sa vitesse) : $\frac{v^2}{2g}$

Le principe de la conservation de l'énergie appliquée aux fluides s'exprime par la formule suivante :

$$Z + \frac{P}{\omega} + \frac{v^2}{2g} = \text{Constante}$$

Il faudra en plus tenir compte des pertes de charge (J ou PdC) dans la tuyauterie.

Cette formule permet notamment de comprendre le phénomène du cône de Venturi (figure 1.9) utilisé dans l'hydro-éjecteur ou dans les brûleurs gaz atmosphériques et dans de nombreuses autres applications.

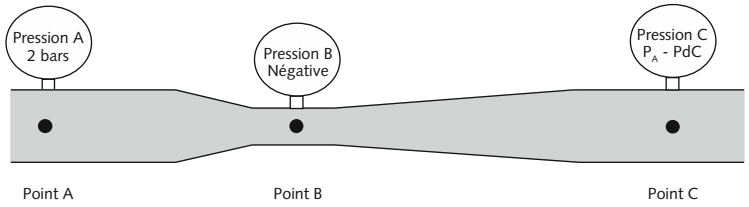


Figure 1.9 – Évolution des pressions dans un cône de Venturi

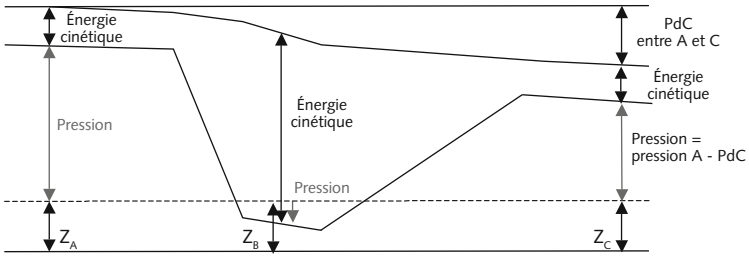
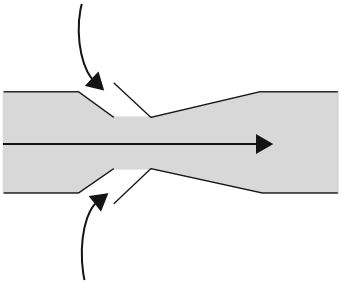


Figure 1.10 – Évolution des énergies

L'énergie de position ne change pas car la tuyauterie est horizontale : $Z_A = Z_B = Z_C$ (figure 1.10).

La vitesse augmente fortement lors du rétrécissement au point B (l'énergie cinétique augmente), la pression devient négative.

Au point C, la tuyauterie a le même diamètre qu'au point A, l'énergie cinétique est identique, la pression est : $P_C = P_A$ – PdC entre A et C.



Si on crée une ouverture au point B (figure 1.11), le fluide environnant sera aspiré (eau ou air), c'est le cas dans un brûleur gaz atmosphérique (le gaz injecté sous pression aspire l'air ambiant dans la chambre de mélange), dans l'hydro-éjecteur (l'eau sous pression aspire l'eau du bassin)…

Figure 1.11 – Aspiration du fluide au point de rétrécissement

À retenir
Le venturi est très souvent utilisé pour sa simplicité et sa fiabilité.

2.14 Pertes de charge (PdC)

Les pertes de charge correspondent à une perte de pression dans la tuyauterie. Elles sont dues au frottement de l'eau sur les parois de la tuyauterie et sont donc plus importantes dans des tuyauteries avec des parois rugueuses (tuyauterie en acier galvanisé) que dans des tuyauteries avec des parois lisses (tuyauterie cuivre, tuyauteries PER…).

On distingue deux types de pertes de charge :

- les pertes de charge linéaires : elles dépendent de la longueur des tuyauteries et s'expriment en mètres de colonne d'eau par mètre de tuyauterie (mCE/m) ou en kilopascal par mètre (kPa/m) ;
- les pertes de charge singulières : elles sont dues aux obstacles ponctuels que va rencontrer l'eau (coudes, vannes, clapets…).

□ Pertes de charge linéaires

$$PdC = Z \cdot q_v^2$$

Elles s'expriment en :

- mètres de colonne d'eau par mètre (mCE/m) ;
- millimètres de colonne d'eau par mètre (mmCE/m) ;

- kilopascals par mètre (kPa/m) ;
- bars par mètre (bar/m).

Si on effectue une mesure sur une tuyauterie dans laquelle circule de l'eau, en posant 2 manomètre à 1 m de distance l'un de l'autre, on observera une perte de pression dans la tuyauterie (figure 1.12).

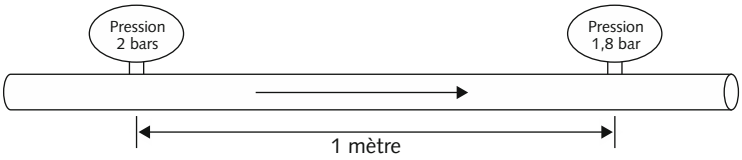


Figure 1.12 – Perte de charge linéaire

La perte de charge mesurée se calcule à l'aide de la formule :

PdC = Pression Amont – Pression Aval

La perte de charge dans l'exemple de la figure 1.12 sera de 0,2 bar (pression amont – pression aval = 2 – 1,8 = 0,2).

Si l'on fait varier le débit et donc la vitesse dans la tuyauterie, on se rend compte que les pertes de charge augmentent lorsque la vitesse augmente.

De la même manière, si l'on fait varier le diamètre de la tuyauterie, on se rend compte que les pertes de charge diminuent lorsque le diamètre de la tuyauterie augmente.

On notera J les **pertes de charge totales**, et j les pertes de charge singulières et linéaires.

La formule de calcul des pertes de charge linéaires permet de comprendre de quelle manière celles-ci vont évoluer :

$$j = \lambda \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2D}$$

avec :

j : pertes de charge linéaires ;
λ : coefficient de pertes de charge ;
ρ : masse volumique du fluide ;
v : vitesse moyenne du fluide ;
D : diamètre intérieur de la tuyauterie.

On se rend compte ainsi que les pertes de charge linéaires dépendent de :
- du débit, et donc de la vitesse de l'eau ;
- du diamètre de la tuyauterie ;
- de la nature de la tuyauterie (parois intérieures lisses ou rugueuses) ;
- de la température de l'eau (lorsque l'eau est plus chaude, la viscosité et la densité diminuent).

Synthèse

Les pertes de charges augmentent si :
– la vitesse augmente (le débit augmente)
– le diamètre diminue.

Dans la pratique

On utilisera peu la formule mais plutôt des abaques simplifiés qui permettent de trouver graphiquement, à partir de deux valeurs connues, les deux autres valeurs à déterminer (débit, pertes de charge, diamètre intérieur de la tuyauterie, vitesse de l'eau).
Pour l'utilisation des abaques se reporter au chapitre 6, Distribution intérieure.

☐ Pertes de charge singulières

Les pertes de charge singulières seront fournies par les fabricants de vannes, de tés, de coudes, de clapets…, sous la forme de courbes qui donnent la perte de charge en fonction du débit (figure 1.13).

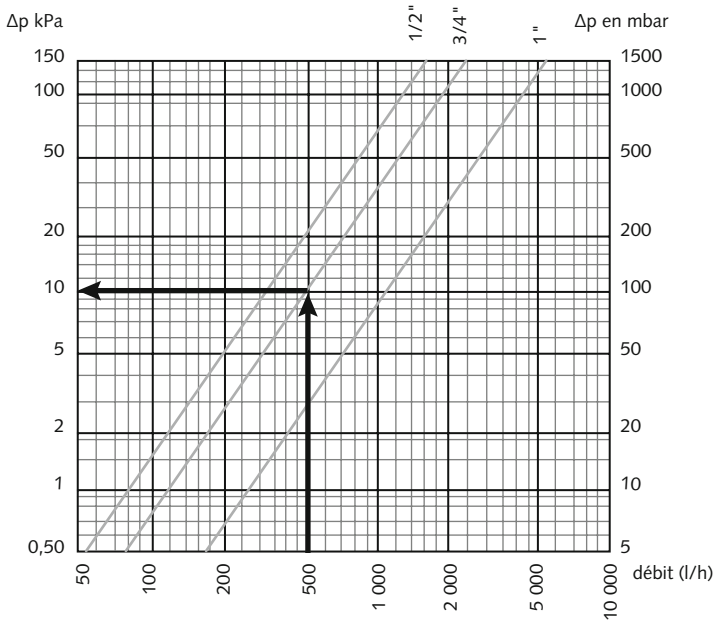


Figure 1.13 – Pertes de charge d'un mitigeur thermostatique Mixal (Documentation Thermador)

Exemple

Pour lire les pertes de charge d'un mitigeur 3/4'' pour un débit de 500 l/h, on détermine le point d'intersection entre la verticale correspondant à 500 l/h et la courbe ¾'', à l'horizontale, on peut lire 10 kPa ou 100 mbar, soit 1 mCE.

Si l'on ne connaît pas les pertes de charge des accessoires posés sur l'installation, on peut effectuer un calcul à partir des longueurs de tuyauteries équivalentes données dans le tableau 1.23.

Tableau 1.23 – Longueur équivalente des raccords en mètres de tuyauteries

Accessoires	DN < 50	50 < DN < 300
Clapet anti-retour	5 à 20	20 à 80
Clapet à battant	1 à 5	5 à40
Vanne à boisseau sphérique (passage intégral)	0,1 à 0,2	0,2 à 0,5
Vanne à passage direct	0,1 à 0,5	0,5 à 3
Autres vannes	1 à 15	10 à 70
Coude à 90°	0,3 à 2	2 à 20
Coude à 45°	0,1 à 0,5	0,5 à 10
Té à 90°	0,2 à 1	1 à 8
Filtre non colmaté	5 à 20	

Lors d'un calcul précis, il sera nécessaire de trouver les caractéristiques hydrauliques de tous les équipements de l'installation.

Un réseau de tuyauteries existant est caractérisé par la formule suivante :

$$PdC = Z \cdot q_v^2$$

dans laquelle on a :

PdC : pertes de charge totales de l'installation en fonction du débit ;

Z : coefficient qui caractérise le réseau de tuyauteries ;

q_v^2 : carré du débit mesuré ou calculé dans l'installation.

À partir d'une seule mesure de débit et de pertes de charge, on peut calculer Z et ainsi, on pourra calculer quelle sera la nouvelle perte de charge si l'on fait varier le débit.

2.15 Dimensions des tuyauteries

Une tuyauterie se caractérise par :

- son matériau,
- son diamètre nominal, DN, qui correspond au diamètre intérieur,
- son épaisseur.

■ Quelques mesures des tuyauteries acier

Il en existe de nombreuses, voir le chapitre 8 sur les canalisations acier.

Tableau 1.24 – Dimensions de tuyauteries acier

Diamètre nominal DN (mm)	Raccords (")	Raccords (mm)	Diamètre extérieur D ext (mm)	Section $S = \frac{\pi D^2}{4}$ (mm²)	Contenance en eau de 1 m de tuyauterie (l)	Surface extérieure de la tuyauterie (mm²)
6	1/8"	5 × 10	10,2	28,27	0,03	0,03
8	1/4"	8 × 13	13,5	50,27	0,05	0,04
10	3/8"	12 × 17	17,2	78,54	0,08	0,05
15	1/2"	15 × 21	21,3	176,71	0,18	0,06
20	3/4"	20 × 27	26,9	314,16	0,31	0,08
25	1"	26 × 34	33,7	490,87	0,49	0,09
32	1" 1/4	33 × 42	42,4	804,25	0,80	0,12
40	1" 1/2	40 × 49	48,3	1256	1,26	0,14
50	2"	50 × 60	60,3	1963	1,96	0,17
(60)	(2" 1/4)	(60 × 70)	(70)	2827	2,83	0,20
65	2" 1/2	66 × 76	76,1	3318	3,32	0,22
80	3"	80 × 90	88,9	5026	5,03	0,27
(90)	(3" 1/2)	(90 × 102)	101,6	6361	6,36	0,30
100	4"	102 × 114	(108) ou 114,3	7853	7,85	0,33
125	5"	127 × 140	(133) ou 139,7	12271	12,27	0,41
150	6"	–	(159) ou 168,3	17671	17,67	0,49
(175)	(7")	–	(193,7)	24052	24,05	0,57
200	8"	–	219,1	31415	31,42	0,64
(225)	(9")	–	(244,5)	39760	39,76	0,72
250	10"	–	273	49087	49,09	0,80

…

Diamètre nominal DN (mm)	Raccords (")	Raccords (mm)	Diamètre extérieur D ext (mm)	Section $S = \frac{\pi D^2}{4}$ (mm²)	Contenance en eau de 1 m de tuyauterie (l)	Surface extérieure de la tuyauterie (mm²)
300	12"	–	323,9	70685	70,69	0,96
350	14"	–	355,6	96211	96,21	1,12
400	16"	–	406,4	125663	125,6	1,27
450	18"	–	457	159043	159,0	1,43
500	20"	–	506	196349	196,3	1,59
600	24"	–	609,6	282743	282,7	1,90
700	28"	–	711	384845	384,8	2,21
800	32"	–	813	502654	502,6	2,53
900	34"	–	914	636172	636,1	2,84
1000	40"	–	1016	785398	785,4	3,16

Les valeurs entre parenthèses du tableau 1.24 correspondent à des séries qui ont existées mais qui ne se fabriquent plus ou ne sont plus utilisées en installations neuves.

L'appellation d'une tuyauterie a évolué dans le temps, on a utilisé successivement :

- Tuyauterie 15-21 ;
- Tuyauterie 1/2".

Aujourd'hui on doit dire : Tuyauterie 21,3 × 2,3 (Diamètre extérieur × épaisseur) appellation normalisée, ou DN 15, Diamètre de passage mais sans précision de l'épaisseur.

L'appellation en pouces : 1/2" est toujours utilisée pour les raccords, l'appellation 15-21 pour certaines robinetteries.

Toutes ces appellations sont à connaître car très souvent employées dans le métier.

Remarque

Il existe des normes particulières pour les tuyauteries et les filetages dans certaines professions et industries (viticulture, transport ferroviaire…). Dans tous les cas, il faudra se renseigner auprès des organismes spécialisés (syndicats professionnels, CSTB, AFNOR…).

2.16 Dilatation-contraction des tuyauteries

Sous l'effet de changements de température (soleil, froid, mise en marche d'un système de chauffage…), la longueur des tuyauteries va varier. On appelle ce phénomène la **dilatation** (allongement) ou la **contraction** (raccourcissement). Cette variation de longueur peut provoquer la rupture des tuyauteries ou l'arrachement de leurs fixations.

Chaque type de tuyauterie (et plus généralement chaque matériau) est caractérisé par un coefficient de dilatation α (tableau 1.25). On peut prévoir et calculer la variation de longueur (ΔL) d'une tuyauterie en fonction de l'écart de température ($\Delta\theta$) et de la longueur initiale (L) :

$$\Delta L = L \times \Delta\theta \times \alpha$$

avec :

ΔL : allongement ou raccourcissement en mm ;

L : longueur totale de la tuyuaterie en m ;

$\Delta\theta$: écart de température en °C (température finale – température initiale) ;

α : coefficient de dilatation en mm/m.°C.

Tableau 1.25 – Coefficient de dilatation thermique de quelques matériaux

	Coefficient de dilatation thermique (mm/m.°C)
Matières plastiques	0,05 à 0,18
PVC	0,05 à 0,08
PVC C	0,079
Polyéthylène	0,2
PER	0,14
Polypropylène	0,15

…

	Coefficient de dilatation thermique (mm/m.°C)
Multicouche	0,06
Aluminium	0,022
Laiton	0,018
Zinc	0,029
Cuivre	0,017
Fonte ductible	0,010
Acier	0,0115
Acier inoxydable	0,017

Ainsi une tuyauterie de 100 m contenant de l'eau froide à 15 °C qui chauffe au soleil et atteint la température de 55 °C aura subi un écart de température de $\Delta\theta = 55 - 15 = 40$ K.

Pour une tuyauterie en acier, l'allongement sera :

$$\Delta L = L \times \Delta\theta \times \alpha = 100 \times 40 \times 0{,}0115 = 46 \text{ mm} = 4{,}6 \text{ cm}$$

Pour une tuyauterie en polyéthylène :

$$\Delta L = L \times \Delta\theta \times \alpha = 100 \times 40 \times 0{,}2 = 800 \text{ mm} = 80 \text{ cm}$$

Inversement, si on pose une tuyauterie en plein été, une gouttière de 20 m par exemple, le plastique sera chaud et dilaté et pourra atteindre 40 °C. Lorsque la température va diminuer pour atteindre en hiver – 5 °C le plastique va se contracter, sa longueur va diminuer.

La différence de longueur sera :

$$\Delta L = L \times \Delta\theta \times \alpha = 20 \times (-5 - 40) \times 0{,}05 = 20 \times (-45) \times 0{,}05$$
$$= -45 \text{ mm} = -4{,}5 \text{ cm}$$

Cet écart de longueur provoquera la déformation, l'arrachement ou le déboîtement de la gouttière si aucun dispositif de dilatation n'est prévu. Il faut donc prendre en compte la température lors de la pose d'éléments de grandes longueurs.

À retenir

La dilatation ne peut pas être ignorée, elle peut provoquer de graves dégâts.

2.17 Acoustique

Les sons, et donc les bruits, correspondent à des variations rapides de la pression de l'air, ce sont des vibrations qui se propagent dans l'air, l'eau, les matériaux, les tuyauteries… La fréquence est rapide pour les sons aigus, lente pour les sons graves.

L'intensité (niveau sonore) est caractérisée par la pression acoustique. Elle se mesure en décibels (dB). L'échelle est : 0 dB seuil de perception ; 120 dB seuil de douleur ; elle peut atteindre des valeurs bien supérieures (figure 1.14).

On l'utilise aussi pour caractériser les performances acoustiques des produits du bâtiment (l'affaiblissement acoustique est exprimé en dB).

Notre oreille est plus sensible aux sons aigus qu'aux sons graves. Pour tenir compte de cette différence, on exprime un son en décibel A (dB (A)), il est mesuré à une distance de 1 m.

Le bruit diminue avec l'éloignement (–6 dB (A) à chaque fois que l'on double la distance).

■ Échelle du bruit

L'échelle des décibels est logarithmique (tableau 1.26) :

- une augmentation de 3 dB correspond à un bruit deux fois plus important. Si le bruit diminue de moitié, le niveau sonore baissera de – 3 dB ;
- lorsque le niveau sonore de plusieurs bruits est sensiblement différent (≥ 10 dB), le bruit le plus fort masque le bruit le plus faible :

$$20\ \text{dB} + 80\ \text{dB} = 80\ \text{dB}$$

- lorsque que le niveau sonore des bruits est sensiblement identique (≤ 10 dB), les bruits s'additionnent :

$$20\ \text{dB} + 20\ \text{dB} = 23\ \text{dB}$$

Tableau 1.26 – Valeur à ajouter en décibels entre deux niveaux sonores différents

Différence en dB entre les deux niveaux sonores	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valeur à ajouter au niveau sonore le plus élevé	3	2,5	2,1	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4

Exemple

Si 2 machines émettent des bruits de niveaux sonores différents (l'une 45 dB et l'autre 40 dB), on aura :
– écart entre les deux niveaux sonores : 45 – 40 = 5 ;
– valeur à ajouter : 1,2 ;
– niveau sonore final : 45 + 1,2 = 46,2 dB.

La notion de temps dans la nuisance sonore est importante. La réglementation impose une limite du niveau sonore au poste de travail à 80 dB (A) sur une journée de travail.

Lorsque le niveau sonore augmente, le temps d'exposition diminue pour le même effet sur l'appareil auditif (acouphènes, pertes auditives…) :

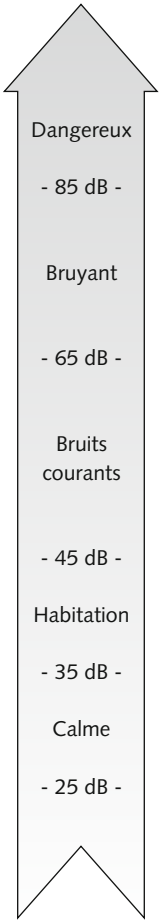
- 4 h à 83 dB (A) ;
- 2 h à 86 dB (A) ;
- 1 h à 89 dB (A) ;
- 30 min à 92 dB (A) ;
- 15 min à 95 dB (A) ;
- 5 min à 100 dB (A) ;
- 1 min à 107 dB (A).

Au-dessus de 80 dB (A), il faudra mettre à disposition des protections auditives individuelles ; au-dessus de 85 dB (A), leur port est obligatoire.

Les caractéristiques des protections auditives individuelles sont les suivantes :

- SNR : indice d'affaiblissement moyen du bruit ;
- H : réduction des hautes fréquences (bruits aigus) ;
- M : réduction des moyennes fréquences (compresseurs…) ;
- L : réduction des basses fréquences (moteurs, marteau…).

Les valeurs correspondant à chaque lettre représentent l'affaiblissement acoustique (baisse du niveau sonore).



140 dB : décollage d'un avion
130 dB : formule 1
120 dB : seuil de la douleur
105 dB : discothèque, concert, passage d'1 train
100 dB : chaîne hi-fi
95 dB : klaxon
90 dB : tondeuse à gazon

85 dB : seuil de nocivité pour une exposition de 8 h/j
85 dB : chien qui aboie

80 dB : seuil d'exposition légale pour 8 h/ j
80 dB : voiture, robinet de chasse

65 dB : téléviseur, chasse d'eau

60 dB : seuil de fatigue
60 dB : conversations, douche

50 dB : pluie

40 dB : réfrigérateur, ordinateurs, bureau calme, climatiseur

30 dB : conversations à voix basse
seuil de gène dans les pièces d'habitation
20 dB : vent léger
15 dB : campagne calme
10 dB : respiration humaine

0 dB : seuil de l'audibilité

Figure 1.14 – Échelle du bruit

Pour plus d'informations : www.moinsdebruit.com, www.bruit.fr.

Les bruits dans les installations sanitaires peuvent avoir plusieurs origines, ils peuvent être provoqués par :

- les équipements (chaudière, moteurs, sanitaires, robinetteries…) ;
- l'eau dans les tuyauteries d'alimentation (coup de bélier…) ;
- l'eau dans les tuyauteries d'évacuation (chute…) ;
- les tuyauteries elles-mêmes (dilatation…).

■ Réglementation

Le bruit dans les bâtiments est aujourd'hui réglementé. La nouvelle réglementation acoustique (NRA) applicable depuis le 1er janvier 1996 et modifiée en 2000 par la réglementation européenne fixe les normes du confort acoustique dans les bâtiments neufs. Le décret 2011-604 du 30 mai 2011 renforce les obligations du maître d'œuvre qui doit fournir une attestation de prise en compte de la réglementation acoustique (mesures acoustiques réalisées par un contrôleur technique).

L'arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit fixe le niveau sonore admissible dans les hôtels, établissements de santé, d'enseignement.

Le niveau acoustique des équipements collectifs (descente d'eaux usées, d'eaux-vannes, d'eau pluviale, robinetterie, équipements de production d'eau chaude, de climatisation, de chauffage…), doit correspondre au tableau 1.27.

Tableau 1.27 – Niveaux acoustiques réglementaires

Niveaux maximaux de pression acoustique (dB (A))	Logements neufs NRA	Hôtels	Santé	Enseignement
30	Pièces principales (chambre, séjour…)	Chambres	Chambres, salles d'examen, bureaux, salles d'attente	
33				Bibliothèque, infirmerie, salles de repos, salles de musique
35	Pièces de service (salle de bain, cuisine…			Pièces de service (cuisine…)
40			Salles de soins, d'opérations, de travail	
43				Salles d'enseignement, de réunion, administration

On distingue les **bruits aériens** (voix, télévision, circulation routière…) diffusés par l'air, et les bruits de choc ou **bruits solidiens** (transmis par les tuyauteries, les murs et les sols) qui se transmettent par des matériaux solides.

Il est beaucoup plus difficile de supprimer des bruits solidiens. La pose d'isolants acoustiques (collier isophonique, plot antivibratile…) est indispensable dans certains cas lors de la mise en œuvre des installations (par exemple : la vibration du clapet d'un robinet flotteur se transmettra à la tuyauterie puis aux murs en béton et réveillera tout l'immeuble).

À retenir

La satisfaction du client passe aussi par son confort acoustique. Il faut en tenir compte à la conception et à la mise en œuvre de l'installation.

3 Rappels de géométrie

Circonférence $C = \pi D$ (D, diamètre) $= 2\pi R$ (R : rayon, $\pi = 3{,}1416$).

3.1 Surfaces

Carré	$S = a^2$ (a : côté).
Rectangle	$S = B \times H$ (B : base ; H : hauteur).
Parallélogramme	$S = B \times H$.
Triangle	$S = \frac{BH}{2}$.
Triangle équilatéral	$S = \frac{a^2\sqrt{3}}{4}$ (a : côté).
Hexagone régulier	$S = \frac{3a^2\sqrt{3}}{2}$ (a : côté).
Losange	$S = \frac{D \times d}{2}$ (D et d : diagonales).
Trapèze	$S = \frac{B \times b}{2} \times H$ (B et b : bases ; H : hauteur).

Polygone régulier $S = \frac{P \times OH}{2}$ (P : périmètre ; OH : apothème).

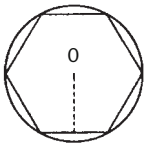


Figure 1.15 – Polygone

Cercle $S = \pi R^2$ ou $= \frac{\pi D^2}{4}$ (R : rayon ; D : diamètre).

Pour les tuyauteries, si on prend le diamètre intérieur, cela correspond au calcul de la **section** de passage de l'eau.

Couronne $S = \pi(R^2 - r^2)$ (R : grand rayon ; r : petit rayon).

Secteur OAMB $S = \frac{\pi R^2 \alpha}{360} = \frac{AB}{2} \times R$ (R : rayon ; α : angle AOB en degrés).

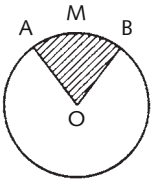


Figure 1.16 – Secteur

Segment AMB $S = \frac{AB}{2} \times R - \frac{BD}{4} \times R$.

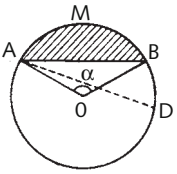


Figure 1.17 – Segment

Sphère $S = 4\pi R^2 = \pi D^2$.

Fuseau sphérique $S = \frac{\pi R^2 n}{90}$ (n : angle en degrés du fuseau).

Nota : $\sqrt{2} = 1{,}4142$
$\sqrt{3} = 1{,}7321$

Mesure au réduit moyen : Si l'on prend la largeur d'un trapèze vers le milieu de sa hauteur (au lieu de faire la 1/2 somme de ses deux bases), on dit qu'on prend la mesure « au réduit moyen » (figure 1.18).

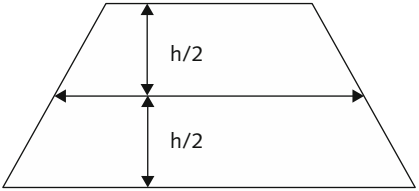


Figure 1.18 – Mesure au réduit moyen.

Mesure claire ou en œuvre : La surface d'un toit, produit de sa largeur par son versant, la longueur d'une tuyauterie mesurée de bout en bout, sont des mesures claires.

Mesure développée : C'est ajouter aux précédentes des valeurs réelles (reliefs, couvre-joints, têtes, talons, etc.) ou fictives (plus-values de coupes, de coudes, de pertes, etc.).

Exemple

Pour une gouttière, 33 correspond au développé de la tôle qui a servi à la fabriquer.

3.2 Volumes

Parallélépipède rectangle : $V = a \times b \times c$ (a, b, c : les 3 dimensions).
Prisme et cylindre : $V = B \times H$ (B : base ; H : hauteur).
Si le cylindre est droit on a : $V = \pi R^2 H$ (R : rayon).

Pyramide et cône : $V = \frac{B \times H}{3}$ (B : base ; H : hauteur).

Si le cône est droit on a : $V = \frac{\pi R^2 H}{3}$ (R : rayon de la base).

Tronc de pyramide et tronc de cône à bases parallèles :

$$V = \frac{H}{3}(B + b + \sqrt{Bb}) \quad (H : \text{hauteur} ; B \text{ et } b : \text{les bases})$$

Si le tronc de cône est droit on a :

$$V = \frac{\pi H}{3}(r^2 + r'^2 + rr') \quad (H : \text{hauteur} ; r \text{ et } r' : \text{rayons des 2 bases})$$

Tas de cailloux (figure 1.19) : $V = \frac{h}{6}[b(2a + a') + b'(2a' + a)]$.

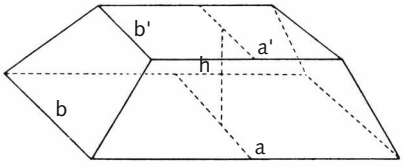


Figure 1.19 – Tas de cailloux

Tonneaux :

$V = \frac{1}{3}\pi H(r^2 + 2R^2)$ (H : hauteur du tonneau ; r : rayon du fond ; R : rayon du plus grand cercle)

ou $V = \frac{1}{12}\pi H(2D^2 + d^2)$ (D et d : le plus grand et le plus petit diamètre ; H : hauteur du tonneau)

Tube : $\frac{\pi.D^2}{4} \times L$ (D : diamètre intérieur ; L : longueur).

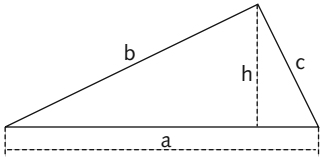
Sphère : $\frac{4}{3}\pi R^3$ ou $\frac{\pi D^3}{3}$

Bois en grume : $V = 0{,}785\ ld^2$ (l : longueur de la pièce ; d : diamètre moyen). Cubage marchand $0{,}428\ ld^2$.

Remarque

Le volume d'un corps quelconque est toujours égal au poids de l'eau déplacée. En conséquence si on peut recueillir et peser exactement l'eau déplacée on obtient le volume du corps (eau, densité).

3.3 Quelques relations usuelles

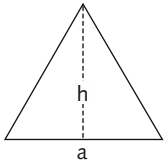


Théorème de Pythagore $a^2 = b^2 + c^2$

Figure 1.20 – Triangle rectangle

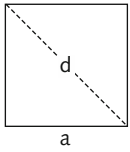
À retenir

Cette règle permet de tracer facilement un angle droit avec une corde. Il suffit de marquer sur une même corde 3 puis 4 puis 5 m soit au total 12 m et de rejoindre les 2 bouts. $3^2 + 4^2 = 5^2$. Cela fonctionne aussi avec 30, 40 et 50 cm.



$h = \frac{a\sqrt{3}}{2}$

Figure 1.21 – Triangle équilatéral



$d = a\sqrt{2}$

Figure 1.22 – Carré

Remarque

$\sqrt{2} = 1{,}4142$ $\pi = 3{,}1416$

$\sqrt{3} = 1{,}7321$

Tableau 1.28 – Nombres souvent utilisés

1/2	**0,5**	1/24	0,041	$\sqrt{3}$	1,732	$\boldsymbol{\pi}$	**3,1416**
1/3	**0,333**	2/3	0,666	$\sqrt{5}$	2,236	2π	6,2832
1/4	**0,25**	3/2	1,5	$\sqrt[3]{2}$	1,259	$\frac{4}{\pi}$	0,7854
1/6	0,166	4/3	1,333	$\sqrt[3]{3}$	1,442	π^2	9,869
1/8	0,125	5/6	0,833	$\sqrt{\pi}$	1,772	$\frac{1}{\pi}$	0,318
1/9	0,111	$\sqrt{1}$	1,00	$\sqrt{1/2}$	0,707		
1/12	0,083	$\sqrt{2}$	1,414	$\sqrt{1/3}$	0,577	$\frac{360}{\pi}$	114,591

3.4 Leviers

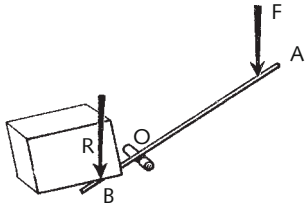
Il y a équilibre quand F x OA = R x OB (formule dans laquelle F est la force qui agit et R la résistance à vaincre).

Figure 1.23 – Levier

Si le levier est suffisamment résistant, on peut donc soulever des montagnes...

Levier du premier genre: F et R sont de même sens; le point d'appui O est situé entre A et B. On remarque que R est plus grand que F.

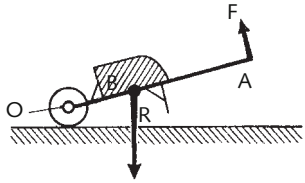
Applications: la pince du carrier, la pince-monseigneur, le pied de biche, les tenailles, le robinet flotteur d'une chasse d'eau, etc. (figure 1.24)



Leviers : 1er genre

Figure 1.24

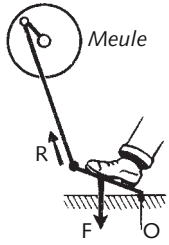
Levier du deuxième genre: F et R sont de sens inverse. La résistance R se trouve entre le point d'appui O et la force F. Ici, c'est F qui est plus grand que R. Applications: la brouette, le casse-noix, le couteau à pain du boulanger.



Levier : 2e genre

Figure 1.25

Levier du troisième genre: F et R sont également de sens inverse. La force F est entre O et R. Applications: la meule d'atelier, la pince à sucre, les pincettes, l'étau, etc.



Levier : 3e genre

Figure 1.26

Application : Soupape de 6 cm²

$$Ra = Fb$$

Masse de R = 10 kg, masse du levier a = 4 kg.
Levier de a = 0,60 – 0,20 = 0,40 m.
On a : R x a = (10 x 0,80) + (4 x 0,40) = 9,6 kg.
F x b = 9,6 kg.

$$F = \frac{9,6}{0,2} = 48 \text{ kg}$$

$$\text{Pression limite/cm}^2 = \frac{48}{6} = 8 \text{ kg/cm}^2 \text{ soit 8 bar}$$

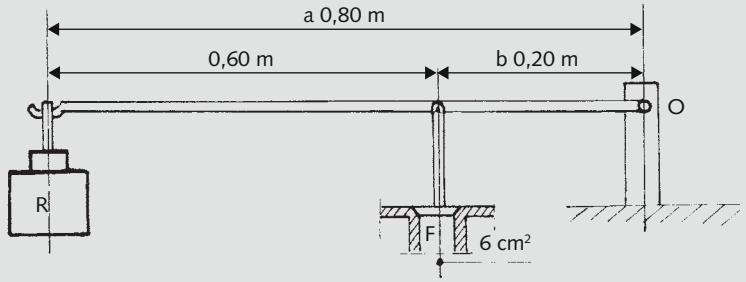


Figure 1.27 – Soupape de sûreté sur les anciennes installations

3.5 Poulies

Poulies fixes : Il y a équilibre quand F × Oa = R × Ob ou F = R. En conséquence, si l'on ajoute une force relativement minime f, elle suffira à faire monter le seau.

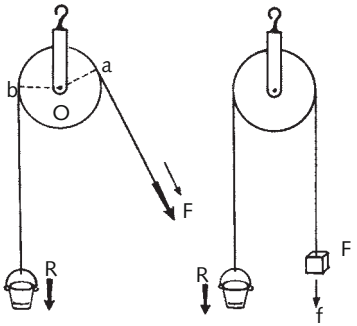


Figure 1.28 –Treuil

Poulies mobiles: Il y a équilibre lorsque $F_1 = F_2 = \frac{R}{2}$.

Ainsi en appliquant en A_1 une force minime s'ajoutant à F_1 on peut vaincre une force R double.

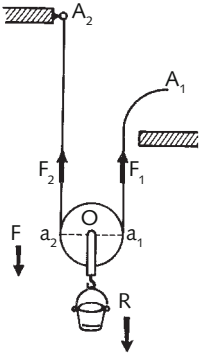


Figure 1.29 – Treuil

Dans cette figure, on obtient le même résultat, mais on n'est pas obligé de tirer verticalement.

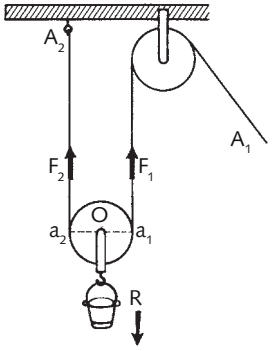


Figure 1.30 – Treuil

La force nécessaire pour lever le seau est donc réduite de moitié.

3.6 Moufles

Le moufle à deux poulies en haut et deux en bas permet de ne dépenser en F qu'une force qui n'est que le quart de R.

Le moufle à trois poulies en haut et trois en bas, comme le montre la figure 1.31, permet de ne dépenser en F qu'une force qui n'est que le sixième de R.

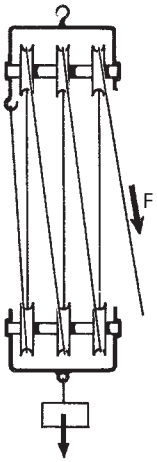


Figure 1.31 – Moufle

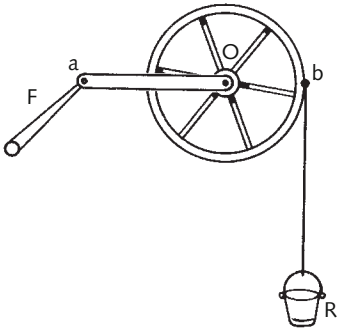


Figure 1.32 – Treuil

3.7 Treuils

La force développée est égale à F x O*a* (figure 1.32).

L'équilibre est réalisé lorsque F x O*a* = R x O*b* ;

soit : $F = \frac{R \times Ob}{Oa}$

ce qui signifie que plus le bras de manivelle O*a* sera grand, moins il y aura d'effort à faire.

3.8 Angles et pentes

Dans les documentations techniques, on sera parfois amené à convertir des pentes exprimées en degrés en pentes exprimées en % (tableau 1.29).

Tableau 1.29 – Pentes (valeurs arrondies)

Degrés	05	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Pente en %	09	18	27	36	47	58	70	84	100	119	143	173	214	275	373	567

Lorsque l'on mesure la pente d'un toit en degrés, on mesure l'angle α (alpha) formé entre le toit et l'horizontale (figure 1.33a). Lorsqu'on mesure la pente d'un toit en %, on mesure l'élévation de hauteur en centimètres pour un déplacement horizontal de 1 m (figure 1.33b).

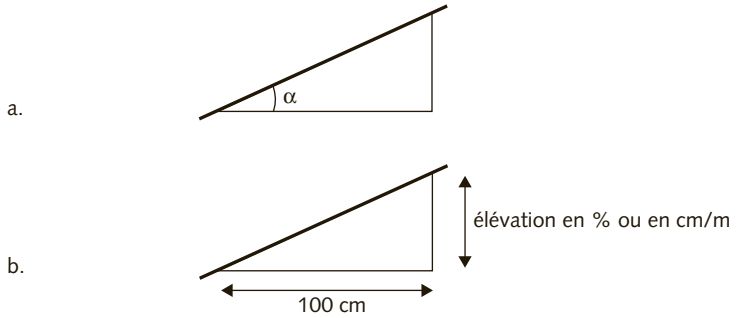


Figure 1.33 – Détermination de la pente d'un toit : a) en degré ; b) en %

L'étanchéité des panneaux solaires par exemple est généralement garantie pour une pente minimum de 20 % (figure 1.34) ou 10 % selon les cas.

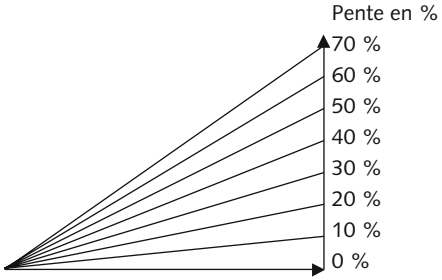


Figure 1.34 – Lecture graphique d'une pente en %

Dans la pratique
Pour mesurer la pente d'un toit, on utilise un inclinomètre.

4 Représentations normalisées

4.1 Identification des tuyauteries

La norme française X 08-100 de 1986 précise les règles d'identification des tuyauteries du bâtiment, les normes X 08-101 à 107 concernent les usines, laboratoires, usages médicaux, bouteilles de gaz…

L'identification s'effectue de la manière suivante : on peindra sur la tuyauterie une bande de fond de 10 à 60 mm de largeur qui précise le type de fluide, sur celle-ci on ajoutera un rectangle d'identification qui précise la nature du fluide suivi éventuellement d'un petit rectangle (anneau) qui précise l'état du fluide.

On précisera le sens d'écoulement du fluide par une flèche ⟶

Et, lorsque cela est nécessaire pour des raisons de sécurité, on écrira en clair sa dénomination.

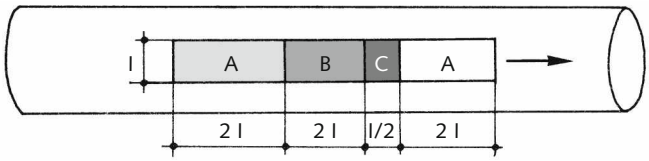


Figure 1.35 – Application de la norme NF X 08-100 sur tuyauterie

Les dimensions sont normalisées (figure 1.35). Les couleurs se définissent de la manière suivante :

Couleur de fond A :

- Air : bleu clair
- Vapeur d'eau : gris clair (aluminium)
- Autres gaz : jaune-orangé moyen (ocre jaune)
- Eau : vert-jaune
- Huiles ou combustibles liquides : marron clair
- Acides et bases : violet pâle
- Autres liquides : noir
- Fluides d'extinction d'incendie : rouge-orangé vif

Couleur d'identification B :

- Air usage médical : blanc et noir
- Air aspiration médicale : vert-jaune
- Acétylène : marron clair
- Argon : jaune moyen
- Azote : noir
- Dioxyde de carbone : gris foncé
- Oxygène : blanc
- Eau potable : gris clair
- Eau non potable : noir
- Eau de mer : noir
- Huiles et combustibles :
  - point éclair < 0 °C : blanc
  - point éclair < 55 °C à température ≥ point éclair : vert-jaune clair
  - point éclair ≥ 55 °C à température ≤ point éclair : bleu-violet vif

Couleur d'état C :

- Froid ou refroidi : violet moyen
- Chaud ou surchauffé : orangé gris
- Pollué (vidanges) : marron moyen
- Sous pression : rouge orangé vif
- Gaz liquéfié : rose moyen
- Vide : bleu clair

Tableau 1.30 – Couleurs normalisées pour les tuyauteries

Fluides	Couleur de fond A	Rectangle d'identification B	Anneau d'état C
Eau froide potable	Vert-jaune	Gris clair	Violet moyen
Eau chaude sanitaire	Vert-jaune	Gris clair	Orangé gris
Eau usée (évacuation)	Vert-jaune	Noir	Marron moyen
Réseau d'incendie	Vert-jaune	Noir	Rouge orangé vif
Fioul	Marron clair	Bleu-violet vif	
Gaz naturel	Jaune-orangé moyen		Rouge orangé vif
GPL	Jaune-orangé moyen		Rose moyen
Acétylène	Jaune-orangé moyen	Marron clair	
Oxygène	Jaune-orangé moyen	Blanc	
Air comprimé	Bleu clair		Rouge orangé vif
Vide	Bleu clair		Bleu clair (encadré blanc)

Les robinets d'incendie doivent être peints en rouge.

Figure 1.36 – Marquage de tuyauterie
Exemple de repérage d'une tuyauterie de chauffage :
Fond, vert-jaune : eau
Couleur d'identification, noir : eau non potable
Couleur d'état, orangé gris : eau surchauffée

On trouvera aussi le repérage des cinq réseaux types RT1 à RT5 définis par le CSTB (figure 1.37) :

- RT1 : usages alimentaires et sanitaires (fond bleu) ;
- RT2 : usages techniques (fond vert) ;
- RT3 : usage incendie (fond rouge) ;
- RT4 : usage arrosage (fond marron) ;
- RT5 : usage professionnel (fond noir).

Figure 1.37 – Étiquetage des réseaux : exemple du RT5

Pour l'eau non potable, on trouvera une étiquette « Eau non potable » du même type mais aux lettres rouges sur fond blanc.

Ces représentations sont destinées à simplifier le repérage des réseaux dans les installations et sur les plans. Elles ne dispensent pas de la représentation normalisée.

4.2 Identification de bouteilles de gaz

La couleur des ogives des bouteilles de gaz est définie dans la norme NF EN 1089-3 (2011).

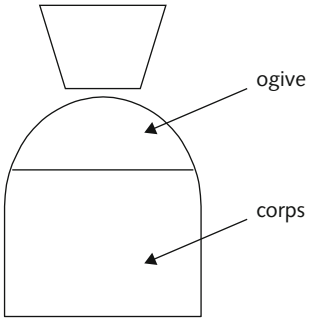


Figure 1.38 – Marquage des bouteilles de gaz

Couleur de l'ogive :

Acétylène :	Marron RAL 3009 (rouge oxydé)	
Oxygène :	Blanc RAL 9010 (blanc pur)	
Argon :	Vert foncé RAL 6001 (vert émeraude)	usage médical
Azote :	Noir RAL 9005 (noir foncé)	
Dioxyde de carbone :	Gris RAL 7037 (gris poussière)	

La couleur des étiquettes de danger

est :

Toxique – corrosif :	jaune RAL 1018 (jaune zinc)	
Inflammable :	rouge RAL 3000 (rouge feu)	tous les gaz combustibles : gaz naturel, acétylène, propane
Oxydant :	bleu clair RAL 5012 (bleu clair)	oxygène
Inerte :	vert vif RAL 6018 (vert jaune)	azote…

- Le corps des bouteilles à usage médical doit être blanc.
- Il peut y avoir deux couleurs sur l'ogive (pour l'air : blanc + noir lorsqu'il est à usage médical ou respirable, + vert vif en usage industriel).

D'autre part, la bouteille doit comporter un marquage défini dans la norme NF EN ISO 13769 (juillet 2009).

Il doit comporter :

- norme ;
- pays de fabrication ;
- identification du fabricant ;
- pression d'épreuve PH ;
- pression de travail PW ;
- masse à vide ;

ainsi que d'autres informations variables selon le type de contenu (gaz comprimés, air liquéfié, acétylène…).

4.3 Représentation des tuyauteries et accessoires

Les représentations seront conformes aux normes NF EN 04-202-5 à 8 (1997 à 2003), NF EN 1861.

Symboles utilisés dans les schémas techniques
selon NF EN 04-202

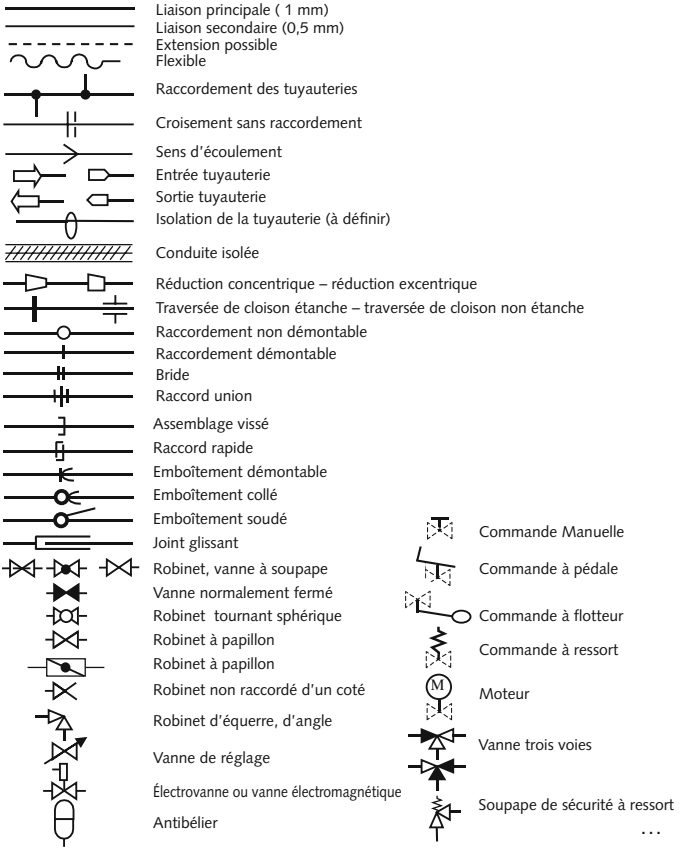


Figure 1.39 – Schémas normalisés

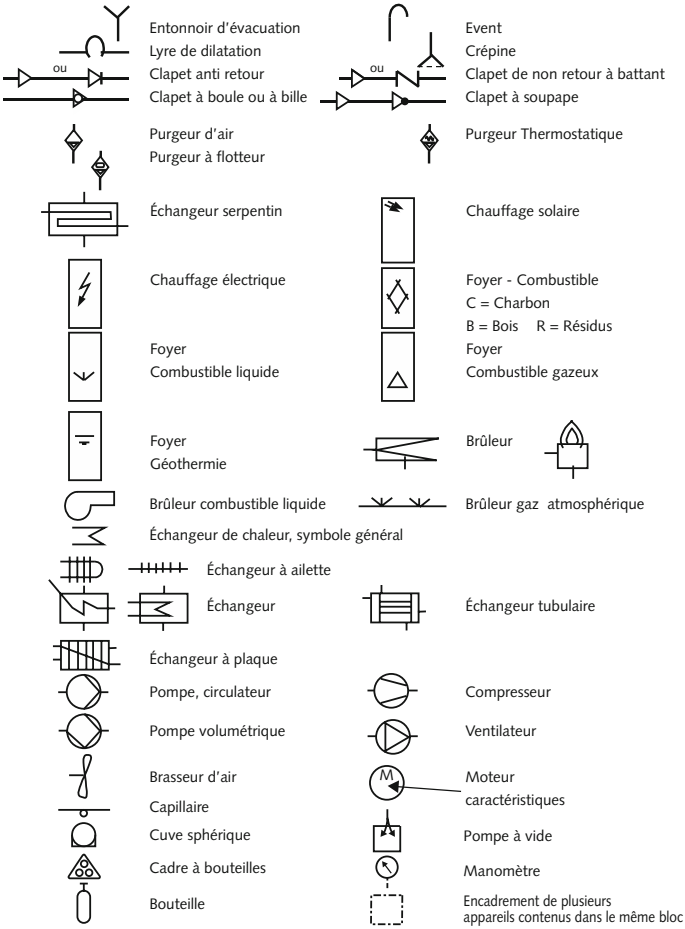


Figure 1.39 – Schémas normalisés *(suite)*

Dans la pratique

Il faut être capable de lire le schéma d'une installation et d'identifier les tuyauteries sur le chantier.

2
OUTILLAGE

Les techniques de travail et les matériaux utilisés ayant beaucoup évolué, il est normal que la caisse à outils d'aujourd'hui ne ressemble plus à celle des années 1980.

Bien sûr, les techniques de travail du cuivre, de l'acier et de la fonte ont changé et de nouveaux procédés sont apparus, mais les techniques de base sont restées les mêmes.

Par contre l'utilisation de nouveaux matériaux a profondément modifié le travail du plombier qui se trouve confronté à une multitude d'outillages spécifiques à une marque ou à un type de produit.

Dans les années 1980, un plombier devait savoir travailler les tuyauteries courantes (principalement : cuivre, acier, fonte, plomb, polyéthylène et PVC), seules quelques entreprises spécialisées utilisaient des « techniques modernes » nécessitant un savoir-faire et un outillage spécifique (thermosoudage, sertissage…). L'outillage spécifique du plombier se limitait à des cas particuliers : outils de démontage des cartouches de robinetterie Grohe, percement de tuyauterie sous pression… ce qui ne concernait que quelques marques ou travaux particuliers.

Aujourd'hui la multitude des marques proposant chacune sa tuyauterie, sa technique de pose et son raccord spécifique oblige bien souvent le plombier à travailler avec 1, 2 ou 3 marques seulement pour éviter d'avoir à gérer des stocks de raccords et un outillage trop important.

Nous allons dans ce chapitre reprendre les techniques de base et essayer de faire l'inventaire des principales utilisées à ce jour.

Les règles de l'art spécifiques à chaque type de matériau ou de tuyauterie seront abordées dans les chapitres 8, Canalisations d'eau sous pression, et 13, Évacuation des eaux usées.

1 Soudage

Quelle que soit la technique de soudage employé, il conviendra de respecter des consignes de sécurité strictes. Chaque année, de nombreux incidents provoquent des accidents du travail ou des sinistres importants.

Un matériel mal entretenu ou mal utilisé mettra l'utilisateur en danger, il faudra régulièrement contrôler l'état des flexibles et des colliers de serrage, la fermeture de la bouteille lors du transport, la proximité de la zone de travail de matières inflammables...

La présence d'un extincteur lors des opérations de soudage est fortement recommandée (il existe aujourd'hui de petits extincteurs à poudre de deux kilos qui peuvent se fixer sur les chariots porte-bouteilles).

Un incendie peut être maîtrisé en quelques secondes s'il y a à disposition à proximité des moyens efficaces pour éteindre le feu (extincteurs, seau d'eau...). Dans le cas contraire, la perte de quelques minutes pour trouver un moyen d'éteindre le départ d'incendie rendra cette tâche impossible et nécessitera l'intervention des pompiers.

Il faudra utiliser des moyens de protection (écran thermique, éloignement...) pour éviter d'endommager les parties qui se trouvent à proximité des raccords à souder.

Le soudeur devra porter des vêtements en coton, des lunettes de protection et des gants pour éviter tout risque de coupures ou de brûlures.

1.1 Soudage oxyacétylénique

L'utilisation d'un poste oxyacétylénique nécessite pour les opérations de soudage autogène et de soudobrasage le port de lunettes de protection équipées de verres n° 5 ou 6. Pour les travaux courants, on pourra porter des lunettes transparentes qui protègent contre les ultraviolets.

Le poste oxyacétylénique offre :

- une flamme chaude (> 3 100 °C),
- un réglage facile,
- une puissance concentrée sur une faible surface,
- une flamme réductrice.

Il permet de :

- souder,
- braser,
- soudobraser,
- chauffer.

On utilise deux bouteilles, l'une d'oxygène, l'autre d'acétylène, fixées sur un support mobile (chariot) ou sur un cadre (installations fixes).

■ Bouteille d'oxygène : O_2

- Bouteille en acier ou en aluminium – Ogive couleur blanche
- Filetage : pas à droite
- Pression dans la bouteille : 200 bar à 15 °C
- Pression d'utilisation : 1 à 2,5 bar
- Gaz comburant (entretien la combustion), incolore, inodore, plus lourd que l'air
- Réaction violente (détonation) en présence d'un combustible ou d'une matière grasse (huile, graisse…)

Tableau 2.1 – Caractéristiques des bouteilles d'oxygène*

Capacité (m^3)	Poids à vide (kg)	Hauteur (m)	Diamètre (mm)	Autonomie – buse de 100 l/h
0,5	*7*	*0,46*	*118*	*3 h 30*
1	**9,7**	**0,62**	**140**	**7 h**
2,3	*10,4*	*0,76*	*180*	*16 h*
4	35	0,98	210	28 h
10	70	1,60	230	70 h

* Données Air Liquide. En *italique*, bouteilles standard sur chariot, en **gras** modèle courant.

■ Bouteille d'acétylène C_2H_2

- Bouteille en acier – Ogive de couleur brun havane
- Filetage : pas à gauche
- Pression dans la bouteille : 15 bar à 15 °C
- Pression d'utilisation : 0,2 à 0,5 bar
- Gaz dissous extrêmement inflammable, incolore, faible odeur d'ail, plus léger que l'air
- Éviter tout contact avec le cuivre ou le laiton à plus de 70 % de cuivre (explosion par formation d'acétylures)
- Risque d'asphyxie à forte concentration
- Température d'auto inflammation : 325 °C
- Plage d'inflammabilité : 2,4 à 83 %

Tableau 2.2 – Caractéristiques des bouteilles d'acétylène*

Capacité (m^3)	Poids à vide (kg)	Hauteur (m)	Diamètre (mm)	Autonomie – buse de 100 l/h
0,42	*7*	*0,46*	*125*	*3 h 30*
0,8	**9,9**	**0,62**	**140**	**7 h**
1,6	*13,9*	*0,62*	*180*	*16 h*
3	32	0,96	203	28 h
6	*56*	1,25	240	70 h

* Données Air Liquide. En *italique*, bouteilles standard sur chariot, en **gras** modèle courant.

■ Instructions de sécurité pour l'usage des bouteilles

- Purger les bouteilles (ouverture et fermeture rapide) avant de les raccorder pour chasser les poussières déposées dans les filetages.
- Ne pas se placer face à la valve pendant la purge ou le montage du détendeur.
- Tenir à distance de toute source de chaleur ou de toute charge électrostatique.
- Ne pas utiliser les bouteilles en position couchée (acétylène).
- Maintenir les bouteilles fixées à leurs supports pendant l'utilisation.
- Stocker dans un endroit ventilé, bouteille fermées.
- Fixer les bouteilles lors du transport dans un véhicule, bouteilles fermées.
- Il est interdit de transvaser le gaz d'une bouteille à l'autre.
- **Ne pas utiliser de graisse ou d'huile** sur les raccords des bouteilles.

Un poste de soudage oxyacétylénique mobile est composé de 2 bouteilles :

- 0,5 et 0,42 m^3 pour le modèle léger pour un poids d'environ 15 kg ;
- 1 et 0,8 m^3 pour le modèle courant pour un poids total plein d'environ 30 kg ;
- 2,3 et 1,6 m^3 pour le modèle pour chantiers importants.

a : Mini Castoflam Castolin b : Xuper Castoflam Castolin

Figure 2.1 – Bouteilles de soudage oxyacétylénique Castolin

Certaines sociétés proposent un jeu de bretelles et de sangles pour permettre le portage à dos d'homme du chariot et des bouteilles.

■ Manodétendeurs : oxygène (OX) et acétylène (AD)

Les manodétendeurs se montent directement sur les bouteilles (figure 2.2) :

- **Attention au sens du filetage** sur la bouteille : pas à droite pour l'oxygène et pas à gauche pour l'acétylène.
- Ne pas trop serrer le raccord sur la bouteille, utiliser une clef appropriée, ou serrer à la main.
- Contrôler l'étanchéité des raccords (bombe de recherche de fuite de gaz).
- Vérifier que les détendeurs sont fermés (desserrés, dans le sens inverse des aiguilles d'une montre) avant l'ouverture des bouteilles pour éviter un coup de pression sur le mécanisme de détente.
- Un manomètre indique la pression dans la bouteille, l'autre la pression de réglage.

- Effectuer le réglage en fonction du travail à réaliser (voir plus loin le choix des buses).
- Fermer (desserrer) les détendeurs lorsque l'appareil n'est plus utilisé.

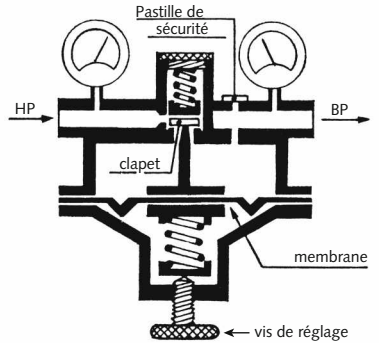


Figure 2.2 – Manodétenteur réglable

■ Clapets anti-retour

Rouge pour l'acétylène ou bleu pour l'oxygène, ils sont placés au plus près du chalumeau. Ils permettent d'éviter un retour de gaz ou de flammes dans les tuyauteries et les bouteilles (figure 2.3).

Il faut respecter le sens de montage indiqué par la flèche.

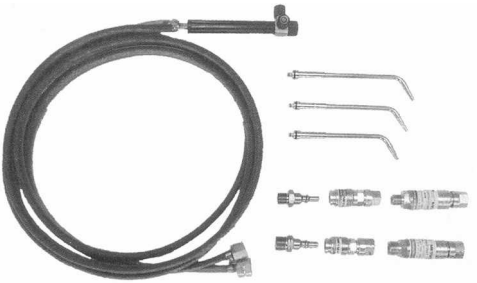


Figure 2.3 – Flexible – raccords chalumeau, Castolin

■ Tuyauteries souples

En longueurs de 3 à 5 m, de diamètre intérieur 6,3 mm ou 10 mm, ils sont armés, doivent être changés tous les 3 ans en usage intensif (chantier), tous les 5 ans dans les autres cas et contrôlés régulièrement.

Ils doivent être fixés aux raccords par des colliers appropriés (bagues de serrage, colliers spéciaux…).

■ Raccords rapides

Ils permettent le remplacement rapide d'un chalumeau soudeur par un chalumeau coupeur. Ils sont équipés d'un clapet qui ferme le gaz lors du démontage et d'un détrompeur évitant toute possibilité d'inversion des raccords.

■ Chalumeau et ses becs (ou buses)

On distingue les chalumeaux de soudage et les chalumeaux de coupage (figure 2.4). On révisera ou remplacera un chalumeau tous les 5 ans.

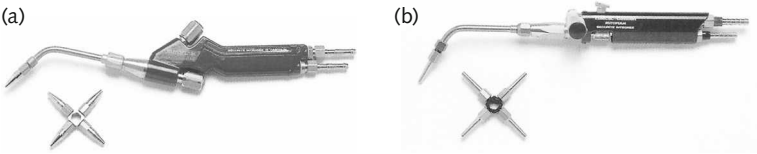


Figure 2.4 – Chalumeau AutoFlam SI 500 (a), SI économiseur Castolin (b)

Les chalumeaux sont classés en fonction de leurs capacités de soudage :

- 00 débits de 10 à 100 l/h
- 0 débits de 40 à 400 l/h
- 1 débits de 250 à 1 000 l/h
- 2 débits de 1 000 à 4 000 l/h

Les classes 0 et 1 sont les appareils d'usage courant.

Le débit d'une buse correspond au débit d'acétylène pour une flamme neutre.

Tableau 2.3 – Choix des buses

Choix des buses – Soudage Autogène Acier doux – 100 l/h par mm			
Épaisseur métal (mm)	**débit de la buse (l/h)**	**Pression oxygène (bar)**	**Pression acétylène (bar)**
0,3	40	1	0,2
0,5	63	1 à 1,2	0,2 à 0,25
1	100	1 à 1,2	0,2 à 0,25
1,5	160	1,2 à 1,5	0,3 à 0,35
2,5	**250**	**1,2 à 1,5**	**0,3 à 0,35**
3	**315**	**1,5 à 2,2**	**0,4 à 0,5**
4	400	1,5 à 2,2	0,4 à 0,5
5	500	1,5 à 2,2	0,4 à 0,5
6	600	2 à 3	0,5
Valeurs données à titre indicatif, il faudra se reporter à la documentation du fabricant. En **gras**, réglages courants.			
Choix des buses – Coupage acier			
Épaisseur métal (mm)	**Buse de coupe**	**Pression oxygène (bar)**	**Pression acétylène (bar)**
2 à 5	7/10	3	0,5
5 à 20	10/10	4	0,5
20 à 50	15/10	4	0,5
Choix des buses – Brasage cuivre – 100 l/h par mm			
Épaisseur métal (mm)	**Débit (l/h)**	**Pression oxygène (bar)**	**Pression acétylène (bar)**
0,3	25	1	0,2
0,4	40	1	0,2
0,6	63	1 à 1,2	0,2 à 0,25
1	**100**	**1 à 1,2**	**0,2 à 0,25**
1,5	160	1,2 à 1,5	0,3 à 0,35
2,5	250	1 à 1,2	0,3 à 0,35
3	315	1,5 à 2,2	0,4 à 0,5
Choix des buses – Soudobrasage			
Acier doux 50 l/h	Acier galvanisé 35 – 40 l/h	Fonte 25 l/h	Cuivre 100 à 200 l/h
Choix des buses – Soudage autogène plomb			
Chalumeau 00 – 10 à 25 l/h			

En **gras**, les réglages courants.

Le serrage des buses s'effectue exclusivement à l'aide de l'étoile porte-buse. Il est toujours possible d'utiliser une buse ayant un débit plus important et de régler la flamme pour baisser la puissance. Mais il faut faire attention de ne pas surchauffer les pièces car cela est nuisible à la qualité de la soudure.

■ Mise en service d'un poste de soudure

- Dérouler les tuyauteries de leurs supports.
- Choisir sa buse et la monter à l'aide de l'étoile.
- Contrôler que les détendeurs soient bien desserrés.
- Ouvrir lentement les robinets des bouteilles (1 à 2 tours dans le sens inverse des aiguilles d'une montre).
- Les aiguilles des manomètres indiquent la pression dans les bouteilles.
- Serrer progressivement les vis de réglage des détendeurs, jusqu'à obtenir les pressions désirées (lors de l'ouverture du chalumeau, les pressions peuvent légèrement chuter, dans ce cas il faudra les réajuster).
- Sur le chalumeau, ouvrir de 1/8 de tour le robinet d'oxygène (bleu) et de 1/2 tour le robinet l'acétylène (rouge), puis allumer la flamme.
- Régler la flamme selon le travail à réaliser (voir ci-dessous le paragraphe : réglage de la flamme).
- Il faut ouvrir l'oxygène pendant l'allumage car une flamme uniquement à l'acétylène provoque des fumées noires très salissantes (carbone).

■ Mise à l'arrêt d'un poste de soudure

- Fermer les robinets du chalumeau (acétylène puis oxygène), la flamme s'éteint.
- Fermer les robinets des bouteilles d'oxygène puis d'acétylène.
- Desserrer les détendeurs et ouvrir les robinets du chalumeau pour que la pression descende à 0.
- Refermer les robinets du chalumeau.
- Démonter la buse et la ranger sur son étoile.
- Enrouler les tuyauteries sur leurs supports.

■ Réglage de la flamme

La puissance d'une flamme est déterminée par le choix de la buse (et le débit maximum qui correspond) ; si le débit gaz est trop important, la flamme devient bruyante et se décolle de la buse. Toutefois, il est possible de diminuer la puissance de la flamme en procédant de la manière suivante : fermer légèrement le robinet d'oxygène (le dard s'allonge) puis ajuster le robinet d'acétylène jusqu'à obtenir la puissance désirée.

Pour augmenter la flamme, il faut faire le contraire : ouvrir le robinet d'acétylène (le dard s'allonge) puis ajuster le robinet d'oxygène pour obtenir la flamme demandée.

☐ **Flamme normale ou flamme neutre**

La flamme neutre (figure 2.5) est utilisée pour :

- le soudage de la fonte, de l'aluminium, du plomb et des alliages de zinc,
- le brasage,
- le soudage autogène du fer et les aciers de construction.

Le dard bleuté est parfaitement formé, le panache est régulier.

La partie la plus chaude de la flamme (3 150 °C) se situe à l'extrémité du dard.

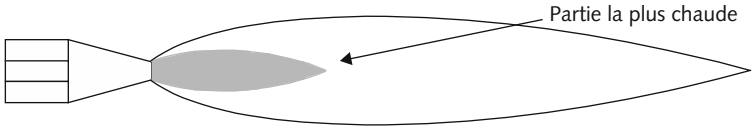


Figure 2.5 – Flamme normale ou neutre

☐ **Flamme oxydante**

La flamme oxydante (figure 2.6) est peu utilisée pour les opérations de soudage, toutefois, on l'utilise pour :

- le soudage du laiton ou du bronze,
- le soudobrasage (flamme légèrement oxydante).
- Le dard est plus petit, la flamme légèrement plus bruyante.

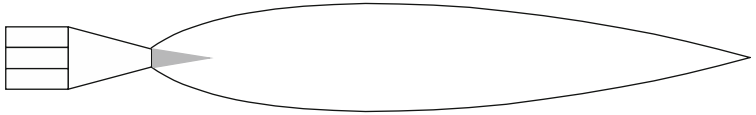


Figure 2.6 – Flamme oxydante

☐ **Flamme carburante**

La flamme carburante (figure 2.7) est utilisée pour :

- le soudage de la fonte, de l'aluminium, du plomb et des alliages de zinc,
- le brasage,
- les traitements de surface (recuit…).

La flamme est plus pauvre en oxygène, elle est plus lumineuse.

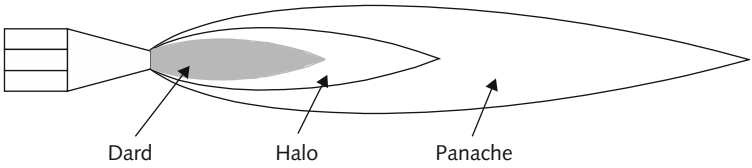


Figure 2.7 – Flamme carburante

☐ **Incidents de flamme**

Dard déformé : Lorsque des projections de métal obstruent partiellement la buse, la flamme devient bruyante et se déforme (figure 2.8). Il faut frotter la buse sur un morceau de bois sec pour la nettoyer.

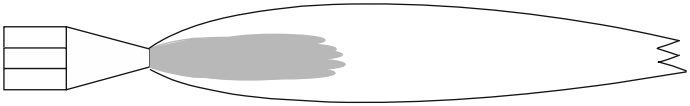


Figure 2.8 – Flamme déformée

Retour de flamme : Lorsque la flamme s'éteint et se rallume à une cadence élevée en émettant un claquement ou lorsqu'il y a un échauffement important de la buse et un sifflement. Il faut fermer le robinet d'acétylène puis d'oxygène, refroidir la buse et la resserrer ou contrôler les pressions des détendeurs.

Difficultés d'allumage : La flamme claque bruyamment mais ne s'allume pas.

La vitesse des gaz est trop importante. Il faut régler les pressions des détendeurs et contrôler l'ouverture des robinets.

Flamme instable : La flamme a du mal à se stabiliser à l'allumage ou lorsqu'on l'approche d'une pièce. Il faut régler les pressions des détendeurs et contrôler le débit aux robinets (le baisser).

■ Soudage autogène

L'assemblage des pièces en acier est réalisée à la température de fusion, avec ou sans apport supplémentaire de métal. En cas d'utilisation de métal d'apport, ce dernier doit être de même qualité que la pièce à assembler.

La pièce à souder doit se situer entre 2 et 5 mm de l'extrémité du dard, sans le toucher (pour éviter de faire un trou dans la soudure).

Il y a fusion entre le métal d'apport et le métal de la pièce à souder.

Tableau 2.4 – Choix du diamètre des baguettes – soudage acier

Épaisseur du métal à souder (mm)	≤ 1	2 à 3	3 à 5	≥ 5
Diamètre des baguettes (mm)	Sans métal d'apport	1 à 2	2 à 4	4 à 6

Les baguettes de soudure sont livrées en longueurs de1 m ; température de fusion : 1 500 °C.

Les baguettes sont cuivrées en surface pour les protéger contre l'oxydation. Lorsqu'il reste des chutes, on les différencie des baguettes de brasure cuivre-phosphore car elles sont plus brillantes et la partie chauffée a noirci.

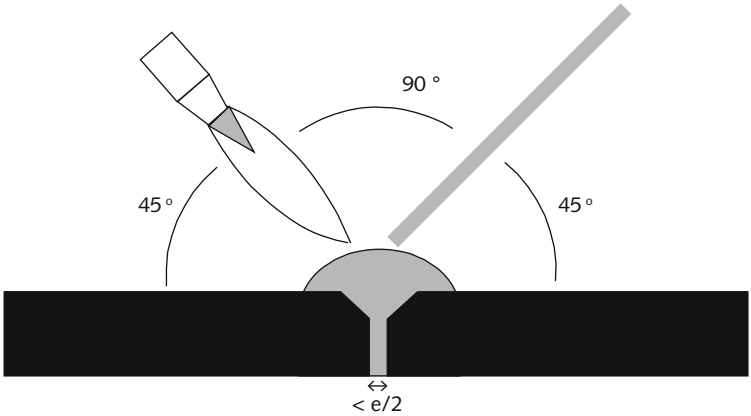


Figure 2.9 – Position d'un chalumeau

☐ **Réalisation d'une soudure autogène**

- Nettoyer et dégraisser les pièces.
- Mettre le métal à nu à l'aide d'une meuleuse ou d'une lime.
- Réaliser un chanfrein pour les pièces ayant une épaisseur supérieure à 4 mm, sinon écarter les pièces d'une distance égale à la moitié de leurs épaisseurs pour permettre un soudage sur toute l'épaisseur de la pièce.

- Choisir la buse en fonction de l'épaisseur du métal (voir tableau 2.4).
- Effectuer un pointage pour fixer la pièce et éviter sa déformation lors de la réalisation du cordon de soudure.
- Placer le chalumeau à 45° dans l'axe du cordon ainsi que la baguette en plaçant le dard à une distance de 2 à 5 mm.
- Créer un bain de fusion (métal de la pièce en fusion formant une petite flaque brillante) et ajouter du métal d'apport à l'intérieur du bain de fusion par touches successives.
- Avancer la flamme de manière régulière en maintenant le bain de fusion sur les deux bords des pièces à souder.
- Ajouter la quantité de métal d'apport souhaitée en fonction de l'épaisseur finale, de l'aspect du cordon souhaité et de la résistance demandée.
- Laisser refroidir à température ambiante pour éviter de fissurer la soudure.

■ Soudobrasage

C'est un assemblage qui se situe entre le soudage et le brasage (préparation, aspect fini et technique de travail identique au soudage, métal d'apport différent sans fusion avec la pièce comme pour le brasage).

La température de fusion du métal d'apport est d'environ 680 à 900 °C.

Il y a accrochage pelliculaire entre le cordon de métal déposé et les bords à assembler qui n'ont pas été portés à fusion.

Il convient de vérifier dans chaque DTU et Règles de pose, les conditions d'emploi du soudobrasage, notamment sur les aciers galvanisés.

Les baguettes de soudobrasures sont livrées en longueurs de 0,5 et 1 m. Elles sont généralement enrobées de décapant qui est obligatoire dans la plupart des cas car il favorise le mouillage et protège les surfaces de l'oxydation.

Le choix du diamètre des baguettes est identique à celui du soudage acier (cf. paragraphe précédent « Soudage autogène »).

□ Réalisation d'une soudobrasure

- Nettoyer et dégraisser les pièces.
- Réaliser un chanfrein pour les pièces ayant une épaisseur supérieure à 4 mm.
- Choisir la buse en fonction de l'épaisseur du métal (50 l/mm).
- Effectuer un pointage pour fixer la pièce et éviter sa déformation lors de la réalisation du cordon de soudure.
- Placer le chalumeau à 45° dans l'axe du cordon ainsi que la baguette en plaçant le dard à une distance de 2 à 5 mm.
- Déposer le métal d'apport sur la pièce et le chauffer jusqu'à ce qu'il s'étale comme une goutte d'eau (on dit que la soudobrasure « mouille »).

- Écarter légèrement la flamme pour éviter la surchauffe.
- Avancer la flamme de manière régulière en répétant l'opération et en prenant soin de maintenir en température les deux bords des pièces à souder pour garantir la qualité de la soudure.
- Ajouter la quantité de métal d'apport souhaitée en fonction de l'épaisseur finale du cordon et de la résistance souhaitée.

Attention

Il ne faut pas surchauffer les pièces en acier galvanisé car cela détruit le revêtement de protection en zinc (apparition d'une fumée jaune).
Il faut laisser la soudobrasure refroidir à température ambiante pour éviter qu'elle se fissure.

■ Brasage

L'assemblage des pièces se fait par capillarité, le métal d'apport a une température de fusion comprise entre 450 et 650 °C qui est inférieure à celle des pièces à assembler.

Les pièces doivent être assemblées par emboîtement en laissant un espace régulier de 0,1 mm qui permettra la capillarité.

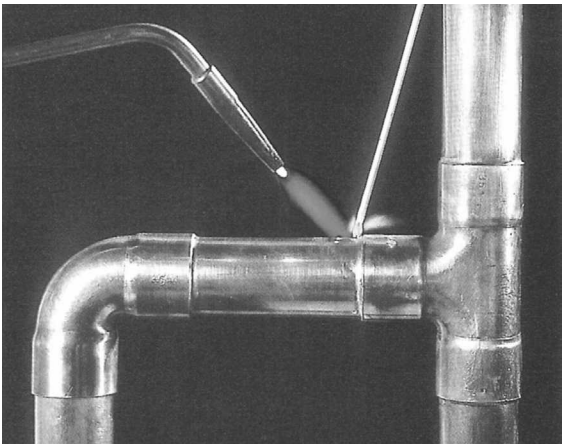


Figure 2.10 – Brasure cuivre (Documentation Castolin)

Il y a accrochage pelliculaire avec pénétration capillaire entre les surfaces ; le métal d'apport (tableau 2.5) « mouille » toute la surface portée à température.

On distingue :

- Le **brassage tendre** : la température de fusion du métal d'apport est inférieure à 450 °C. Le métal d'apport est sous forme de fil généralement avec décapant intégré (température de fusion 200 à 250 °C). Il faut s'assurer de sa compatibilité avec l'eau potable. C'est la catégorie des brasures à l'étain.
- Le **brasage fort** : la température de fusion du métal d'apport est supérieure à 450 °C. Les baguettes d'une longueur de 50 cm sont en alliage cuivre-phosphore (température de fusion 700 °C, usages courants) ou cuivre-argent (température de fusion 600 à 660 °C, tuyauteries de gaz ou climatisation).

☐ **Réalisation d'une brasure**

- Nettoyer et dégraisser les pièces à assembler.
- Ajuster les pièces.
- Utiliser une flamme neutre ou en léger excès d'acétylène (dard un peu plus long) et un métal d'apport avec décapant.
- Positionner la pièce dans le panache, ne pas la toucher avec le dard.
- Lorsque les pièces sont à la bonne température, déposer le métal d'apport, il s'infiltre entre les pièces par capillarité, la brasure est réalisée.

L'usage de décapant est indispensable pour les raccords en laiton ou en bronze.

Il faut laisser la brasure refroidir à l'air libre avant de la passer sous l'eau pour éviter qu'elle se fissure.

Tableau 2.5 – Comparaison des caractéristiques des métaux d'apport

Métal d'apport	Procédé	Point de fusion (°C)	Caractéristiques et utilisations
Étain-plomb	Brasage tendre	180 à 250	Fluidité
Argent	Brasage fort	600 à 700	Bonne résistance mécanique, bonne étanchéité, bonne mouillabilité

…

Métal d'apport	Procédé	Point de fusion (°C)	Caractéristiques et utilisations
Cuivre-phosphore	Brasage fort	650 à 800	Utilisée seulement sur le cuivre et avec un décapant sur les alliages cuivreux
Laiton	Soudobrasage	680 à 950	Bonne résistance mécanique

■ Décapants

Le rôle des fluides décapants en poudre ou en pâte est de protéger le métal contre l'oxydation pendant le chauffage. Ils facilitent le mouillage et donnent des indications sur la température au cours de la soudure (température minimale pour obtenir le mouillage ou surchauffe : décapant brûlé).

Ils sont choisis en fonction du métal d'apport. Les décapants servants à réaliser des soudures en contact avec l'eau potable doivent faire l'objet d'un avis technique et d'une certification eau potable.

Après les opérations de brasage, les résidus de décapants doivent être éliminés par lavage ou brossage.

1.2 Soudage au propane

Le soudage au propane est utilisé pour réaliser les soudures à l'étain sur les tuyauteries en cuivre ou en plomb et pour le brasage des tuyauteries cuivre.

La température de la flamme est de 1 800 °C. On trouve aujourd'hui des mélanges contenant du propane qui permettent d'obtenir des températures plus élevées et de souder des diamètres plus importants.

Il existe de nombreux modèles allant de la cartouche de 300 g à la bouteille de plusieurs kilos. Le choix s'effectuera en fonction des conditions de travail.

Les chalumeaux propane sont utilisés pour :

- souder,
- décaper,
- étancher,
- chauffer, sécher, brûler,
- tremper, recuire...

Le détendeur, s'il existe, se monte directement sur la bouteille.

On peut souder des tuyauteries cuivre jusqu'au diamètre 18 avec des cartouches comportant des mélanges.

On pourra trouver sur le site www.soudeur.com des informations pratiques et les liens avec les fabricants de chalumeaux (www.castolin.fr…).

1.3 Soudage à l'arc

L'évolution du matériel (apparition de postes inverter, masques de soudeur automatiques...) a rendu la soudure à l'arc plus accessible. Cette technique nécessite tout de même un savoir-faire pour pouvoir réaliser une soudure parfaitement étanche.

Un poste électrique est composé d'un transformateur à courant continu qui permet de faire passer un courant électrique de plusieurs dizaines d'ampères dans l'électrode. Sous l'effet du courant électrique, l'électrode fusionne avec le métal de la pièce à souder, ce qui permet de réaliser le cordon de soudure.

Il est nécessaire de disposer d'un équipement de protection individuelle ainsi que d'un outillage spécifique :

- marteau piqueur pour détacher le laitier qui se forme autour du cordon de soudure ;
- brosses métalliques ;
- gants de soudeur ;
- tablier ou combinaison de protection ;
- masque de soudeur.

La soudure à l'arc produit un rayonnement ultraviolet dangereux pour les yeux et la peau.

Attention

On ne doit pas utiliser les mêmes lunettes que pour la soudure oxyacétylénique car la protection n'est pas suffisante.

Il existe aujourd'hui des masques de soudeur automatiques pour un prix d'environ 100 € qui s'opacifient instantanément lorsque l'arc électrique se produit ; ils permettent de gagner en confort de travail.

Il faut réaliser les soudures à l'arc sur des pièces métalliques que l'on relie à la masse de l'appareil. Lorsque l'électrode enrobée vient toucher la pièce métallique, l'arc électrique produit un important dégagement de chaleur (effet Joule) ce qui permet le soudage de la pièce.

Les pièces à souder doivent être propres, sèches et ajustées.

La soudure à l'arc des tuyauteries doit être réalisée sous un flux protecteur (généralement de l'argon) à l'aide d'un chalumeau TIG, MIG ou MAG.

Le fil de soudure arrive automatiquement à la torche ainsi que le gaz protecteur qui permet de maintenir un arc stable indépendamment de l'atmosphère. On utilisera un métal d'apport adapté à la tuyauterie.

Dans la pratique
La maîtrise du chalumeau et de la soudure reste indispensable malgré l'apparition des nouveaux matériaux (multicouche…).

2 Outillage divers

Il serait trop long dans ce paragraphe de reprendre dans le détail la liste et les caractéristiques de tous les outillages utilisés dans la profession. Pour cela, il suffit de consulter les catalogues spécialisés (Virax, Rothenberger, Facom…).

Nous allons toutefois décrire un certain nombre d'entre eux qui présentent un intérêt particulier.

2.1 Fixe-tubes

Lors des opérations de soudage, il est possible de maintenir les tuyauteries en position grâce à des fixe-tubes qui permettent de libérer les deux mains (figure 2.11).

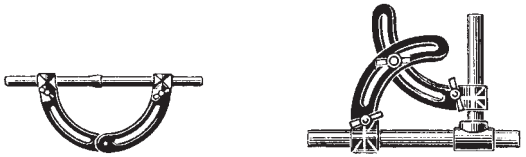


Figure 2.11 – Exemples de fixe-tubes

2.2 Pied à coulisse

Le pied à coulisse permet une lecture en dixième de millimètre sur le vernier situé sur la partie coulissante. On peut ainsi mesurer le diamètre extérieur ou le diamètre intérieur d'une tuyauterie.

Son utilisation sur des installations anciennes permettra d'éviter toute erreur sur la nature de la tuyauterie sur laquelle on souhaite travailler (de nombreux diamètres de tuyauteries ont existé au cours de ces dernières décennies, certaines dimensions ne se fabriquent plus aujourd'hui, il faudra donc trouver des raccords spéciaux pour pouvoir se raccorder).

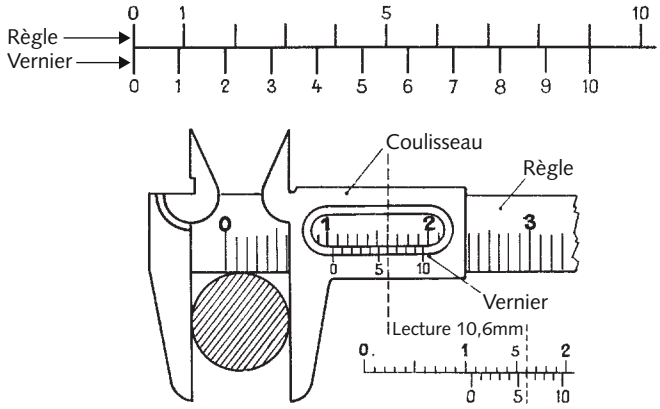


Figure 2.12 – Pied à coulisse

Pour les tuyauteries de grands diamètres qui ne peuvent pas être mesurées à l'aide d'un pied à coulisse, on utilisera la méthode suivante :

- on mesure à l'aide d'un mètre la circonférence (en enroulant le mètre ruban autour de la tuyauterie) ;
- on effectue le calcul suivant : diamètre extérieur = mesure / 3,1416.

2.3 Palmer

Le Palmer permet d'effectuer des mesures d'épaisseur avec une précision de l'ordre de 1/200 de millimètre. Les millimètres se lisent sur le manchon, les centièmes de millimètre sur le biseau.

Il faut établir le contact sur la pièce à mesurer sans l'écraser.

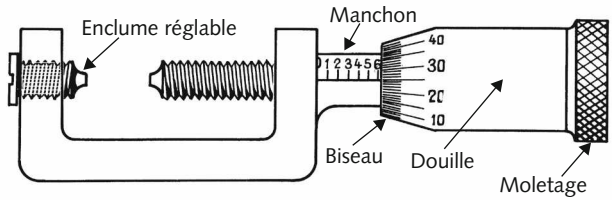


Figure 2.13 – Palmer ; lecture 6,25 mm

2.4 Scie à métaux

Le choix de la lame de scie s'effectuera en fonction des matériaux à couper, une lame est caractérisée par sa denture (nombre de dents ou centimètres). On choisira des dentures de 6 à 8 pour des matériaux épais, de 10 à 12 pour le sciage des tubes.

Il existe différentes qualités de lame : les lames pour usage courant (cassantes, usure rapide), les lames de bonne qualité (usure moins rapide) et les lames spéciales (très flexibles, très résistantes).

Lorsqu'on coupe un objet fixé sur un étau, il faut positionner les dents vers l'avant.

Lorsqu'on coupe un objet que l'on tient à la main, il faut positionner les dents vers l'arrière pour limiter l'effort.

Dans tous les cas, la lame doit être tendue, le mouvement rectiligne et régulier sur toute la longueur de la lame. Il faut couper sans effort (sans appuyer exagérément), c'est le va et vient de la lame qui permet la coupe.

Pour les accès difficiles, on peut utiliser un porte-lame.

2.5 Clés spéciales

Il existe de nombreux modèles de clés utilisées dans la profession. Il conviendra dans chaque cas d'utiliser la clé adaptée.

Par exemple, si l'on utilise une pince multiprises pour serrer un écrou en laiton, on risque de le déformer ; il est donc plus souhaitable d'utiliser une clé à molette ou une clé à crémaillère.

Il existe des clés anglaises avec des mâchoires en plastique pour ne pas abîmer les raccords chromés des robinetteries, ainsi que des clés à molette spéciales plombier (large ouverture, manche court).

2.6 Déboucheurs

Il existe de nombreux modèles de déboucheurs :

- furet manuel,
- furet électrique,
- pompes manuelles,
- déboucheurs à air comprimé (une cartouche d'azote sous pression va créer une onde de choc dans la tuyauterie ce qui permet son débouchage).

Il est nécessaire après toute action de débouchage de contrôler l'état de la tuyauterie et des raccords (bondes, siphons) pour s'assurer qu'aucune fuite n'est apparue.

Il existe à la vente ou à la location des caméras permettant de contrôler visuellement l'état intérieur de la tuyauterie et éventuellement de situer, grâce à un détecteur, la position précise de la fuite sur une tuyauterie d'évacuation.

2.7 Outillages spécialisés

On trouve de nombreux appareils spécialisés, par exemple :

■ Rodoir : appareil pour refaire les sièges

Les clapets des robinetteries viennent s'appuyer sur le siège (partie métallique de la robinetterie semblable au bord d'une tasse) pour fermer le passage de l'eau.

Cette partie s'oxyde avec le temps, il faut refaire sa surface lisse pour permettre au clapet d'être étanche.

On utilise un appareil de fraisage qui s'adapte sur le filetage de la tête du robinet (pour rester bien dans l'axe) ; on tourne l'appareil en appuyant légèrement pour usiner la surface du siège à l'aide d'une fraise.

Figure 2.14 – Appareil pour refaire les sièges (rodoir)

■ Appareils de détection

□ Détecteur de métaux

On trouve aujourd'hui de nombreux appareils capables de détecter les métaux, allant de la « poêle à frire » (utilisée par les chercheurs de trésor) qui permettra de localiser une tuyauterie métallique peu profonde dans un terrain, au détecteur plus précis qui permettra de détecter une tuyauterie métallique dans une cloison.

☐ **Détecteur de courants**

Ils permettent de détecter les fils électriques dans les cloisons.

☐ **Détecteur de fuites**

On distingue principalement deux appareils :

- Un détecteur d'humidité qui permettra de localiser la fuite (lorsqu'elle est récente) en fonction du taux d'humidité de la cloison. Il affiche un pourcentage d'humidité qui permet de contrôler l'évolution d'un dégât des eaux (figure 2.15).
- Un détecteur sonore équipé d'un stéthoscope et d'une tige que l'on vient appliquer sur le sol ou la cloison. Il permet d'entendre l'écoulement de l'eau, et donc de localiser la fuite. Il faut pour cela qu'il n'y ait pas trop de bruits environnants.

Figure 2.15 – Détecteur d'humidité

On peut aussi utiliser une caméra thermique lorsque la fuite se produit sur un circuit d'eau chaude ou de chauffage.

On trouvera un catalogue très complet sur l'outillage spécialisé sur le site www.brossette.fr (outillage, polyfusion, mesures, repérage, détection, débouchage, accessoires de fontainiers…).

3 Matériaux de construction

Au cours d'une intervention, un plombier chauffagiste est souvent amené à effectuer des réparations sur les maçonneries dans lesquelles il a effectué des percements. Il est donc nécessaire de connaître ces matériaux ainsi que leurs techniques d'emploi.

3.1 PLÂTRES

Fabriqués à partir du gypse, ils sont vendus en poudre. On les gâche avec de l'eau, ils durcissent en séchant. Il existe de nombreux produits fabriqués à base de plâtre, il conviendra donc de bien lire les notices et les conditions d'emploi.

On distingue :

- les plâtres pour carreaux de plâtre,
- les plâtres à maçonner,
- les plâtres de finition,
- les plâtres à mouler pour les moulages et les staffs.

Pour gâcher du plâtre, on verse la poudre dans un récipient contenant de l'eau et on mélange l'ensemble jusqu'à obtenir la consistance désirée. Il faut préparer de petites quantités de plâtre car la prise (durcissement) se produit très rapidement. On peut, lorsque que le plâtre est encore frais, réaliser la finition de surface à l'aide d'une truelle ou d'une spatule (en grattant la surface pour l'égaliser).

On évitera le contact du plâtre avec les tuyauteries métalliques, celle-ci seront protégées par un fourreau.

Le plâtre est aussi utilisé pour réaliser des cloisons légères à l'aide de plaques de plâtre (BA 10, BA 13, BA 15…), des plaques acoustiques, hydrofuges, feu…

3.2 CIMENTS

Fabriqués à partir de calcaires contenant de l'argile, ou à partir d'un procédé industriel, ils ont de nombreux emplois dans le bâtiment :

- mortier : mélange de sable et de ciment ;
- béton : mélange de sable, de gravier et de ciment ;
- béton armé : ouvrages en béton comprenant une structure métallique qui renforce la résistance (lors d'un percement, certaines ferrailles ne peuvent être coupées car cela entraînerait la perte de résistance de l'ouvrage en béton) ;

- étanchéité : utilisation de ciment fondu sur des canalisations d'évacuation en eau ;
- scellements : utilisation de ciments spéciaux ou de ciment prompt selon le type de scellement à réaliser ;
- béton de finition : l'évolution des techniques permet aujourd'hui de réaliser des bétons décoratifs (choix des couleurs, choix de la finition...) ;
- scellements de tuiles : on utilisera de la chaux hydraulique ou des mortiers spéciaux pour permettre aux scellements de supporter des variations de température importantes ;
- joint de tuyauterie : ils seront réalisés lorsque cela est nécessaire à l'aide de ciment prompt ;
- conduit de cheminée : on utilisera des ciments spéciaux capables de résister à de hautes températures ;
- ouvrage en bord de mer : on utilisera des ciments spéciaux capables de résister à l'attaque du sel.

Pour préparer du mortier ou du béton, on malaxe le ciment et le sable sec, puis on ajoute la quantité d'eau nécessaire. Attention, la présence trop importante d'eau dans la préparation réduit la résistance mécanique de l'ensemble.

On n'utilisera pas de ciment vieux (plus d'un an) ou éventé dans lequel s'est déjà formé des grumeaux (début de la prise).

En été, il faut protéger les ouvrages en ciment afin d'éviter qu'ils ne sèchent trop vite (bâches plastiques, arrosage...).

En hiver, lorsqu'il y a risque de gel, on emploiera des additifs spéciaux.

Quand le mortier est destiné à être en contact avec des matériaux poreux (briques, agglomérés, etc.), il est indispensable de les mouiller jusqu'à saturation pour éviter que la prise ne soit trop rapide ce qui provoquerait des fissures et réduirait la résistance mécanique de l'ensemble. Il existe des additifs que l'on mélange au ciment pour rendre la préparation plus souple (fluidifiants), plus étanche ou favoriser l'accrochage…

Enfin, le plâtre et le ciment ne font pas bon ménage, un peu de plâtre dans une préparation de ciment le rendra impropre à l'usage.

3.3 Métaux

On utilise de nombreux métaux dans la profession, voici les caractéristiques de ceux les plus couramment employés.

■ Cuivre

C'est un métal rouge auquel le polissage a donné un joli brillant. Il s'altère au contact de l'air et forme des acides de sels dangereux (vert-de-gris), mais il n'est pas dangereux lorsqu'il est employé en canalisations ; à l'intérieur de celles-ci, les conditions de formation du vert-de-gris ne sont pas remplies. Il possède des caractéristiques bactéricides, empêchant naturellement leur développement.

Très malléable et très résistant, il est encore très employé pour la fabrication de tuyauteries, d'échangeurs...

■ Bronze

C'est un alliage de cuivre et d'étain employé dans la fabrication de raccords et de robinetteries.

■ Laiton

C'est un alliage de cuivre et de zinc utilisé pour la fabrication de raccords, de robinetteries courantes, de bondes, et de nombreuses pièces d'appareils.

■ Fer

C'est un métal blanc grisâtre qui, chauffé au rouge, peut se travailler au marteau et prendre les formes désirées. En plomberie, il sert à la fabrication de colliers, de crochets, de supports d'appareils, etc. Laminé, il constitue une tôle qui, lorsqu'elle est étamée, est nommé fer-blanc.

Le fer s'oxyde à l'humidité et rouille. On le protège par des corps gras ou de la peinture antirouille. S'il est déjà rouillé, il faudra le nettoyer ou utiliser un fixateur de rouille.

■ Fonte

Produite lors de la fabrication du fer, elle se moule facilement, se peint, s'émaille.

Les premières fontes ou fontes grises avaient une faible résistance à la traction ou l'allongement. Elles sont de nos jours remplacées par les fontes ductiles qui offrent une meilleure résistance et possèdent des caractéristiques mécaniques proches de celles de l'acier.

■ Acier

Composé de fer et de carbone, il s'obtient à partir de la fonte ou du fer au cours d'un processus industriel complexe. Les aciers ont des caractéristiques différentes en fonction de leur teneur en carbone :

- acier doux : 0,05 à 0,35 % de carbone ;
- acier de déduire : 0,35 à 0,50 % de carbone ;
- acier dur : 0,50 à 0,90 % de carbone ;
- acier extra dur : 0,90 à 2 % de carbone.

On obtient des aciers spéciaux en incorporant à l'acier, du chrome, du nickel, du manganèse, du tungstène...

■ Inox

L'acier inoxydable, ou inox, est un acier plus résistant à la corrosion. C'est un alliage qui contient du chrome ou du nickel et d'autres éléments.

Il faut faire attention de ne pas rayer la surface de l'inox lors de la mise en œuvre.

■ Étain

C'est un métal blanc très fusible qui s'emploie en tubes pour les pompes à bière car il n'est pas sensible à l'acide carbonique.

Il entre dans la composition de la soudure.

Soudure à l'étain : alliage de plomb et d'étain dans des proportions variables. On l'utilise en fil pour souder le zinc, le cuivre, le fer-blanc ou en baguettes pour souder le zinc ou le plomb.

■ Plomb

Métal très malléable, gris bleuâtre, brillant quand il est fraîchement coupé, il se ternit rapidement au contact de l'air. Il est utilisé dans les travaux de couverture, en rénovation pour les tuyauteries de vidange, mais son emploi est interdit pour les tuyauteries d'eau sous pression car il se dissout dans l'eau et la rend impropre à la consommation.

■ Aluminium

Il est utilisé pour les conduits de raccordement d'évacuation des gaz brûlés des chaudières au gaz, pour les gaines de ventilation et pour certains corps de chauffe de chaudières.

■ Zinc

Métal bleuâtre, dur et cassant à la température ambiante, ductile et malléable entre 100 et 150 °C, il redevient cassant à 200 °C. Il est employé pour la galvanisation du fer (acier galvanisé).

Utilisé en couverture sous forme de feuilles pour l'étanchéité, il a une durée de vie allant de 25 à 40 ans en fonction des conditions climatiques et de l'épaisseur utilisée.

■ Zamac ou ZAMAC

Le Zamac est un alliage de zinc, d'aluminium, de magnésium et de cuivre (Kupfer en allemand) ; 90 à 92 % de zinc, environ 4 % d'aluminium, 1 à 3 % de cuivre et 0,02 % de magnésium. Cet alliage est utilisé dans la fabrication d'accessoires sanitaires et de pièces de robinetterie n'entrant pas en contact avec l'eau.

■ Matières plastiques – matériaux de synthèse

Il existe aujourd'hui de nombreuses matières plastiques utilisées dans les installations sanitaires : éviers en résine, tuyauteries PVC, tuyauteries PER, gaines de protection... Il faudra dans tous les cas prendre en compte leur comportement au feu, notamment dans les établissements recevant du public, et tenir compte de la dilatation importante qui peut provoquer des désordres graves.

Certains produits plastiques sont particulièrement sensibles aux ultraviolets et ne doivent pas être exposé au soleil.

En général les matières plastiques offrent une très bonne résistance aux acides, aux bases, à l'eau eau douce ou agressive..., mais résistent peu à certains alcools et aux fortes températures.

Dans la pratique

Il faut tenir compte du contact entre les différents métaux et les matériaux de construction pour ne pas créer de désordres liés au couple galvanique.

3
CAPTATION ET ÉLÉVATION DE L'EAU

Les sources d'eau sont nombreuses et les techniques de captage diversifiées. Dans tous les cas, l'usage de l'eau, qui est une ressource commune, est réglementé.

On trouvera :

- **les eaux souterraines :** Captées grâce à des pompes et à des puits creusés dans la terre, qui peuvent mesurer plusieurs centaines de mètres pour atteindre les nappes d'eau souterraines contenues dans le sol, on parle de **nappe phréatique** (60 % du prélèvement en France) ;
- **les eaux de surface :** Elles sont prélevées dans les lacs ou rivières (40 % du prélèvement en France) ;
- **les eaux de pluie :** Leur utilisation fait l'objet d'une réglementation particulière, elle n'est pas utilisée pour la consommation. Il tombe en France entre 300 et 1 200 litres d'eau de pluie par m^2 et par an ;
- **les eaux de dessalement :** Dans les pays riches où la **pluviométrie** est trop faible, on fait bouillir l'eau de mer pour séparer la vapeur d'eau du sel et produire de l'eau douce (non salée) par distillation. On peut aussi utiliser l'osmose inverse : l'eau sous pression est filtrée à travers une membrane ;
- **les eaux de condensation :** On reproduit le phénomène de la rosée, l'air humide en contact avec une surface froide se condense pour former des gouttes d'eau, ces techniques sont utilisées au Sahara et dans les pays où la ressource en eau potable est inexistante.

Une fois captée, la qualité de l'eau doit être contrôlée avant sa distribution dans le réseau.

1 Évaluation des besoins en eau

En France, la consommation globale moyenne est de 150 l d'eau par jour et par habitant (toutes consommations confondues) soit un peu moins de 55 m^3 par an. Le volume d'eau disponible en France par personne et par an, quelle que soit son utilisation, est environ 3 000 m^3.

On peut obtenir une évaluation plus précise de la consommation à partir du tableau 3.1.

Tableau 3.1 – Évaluation de la consommation d'eau à usage domestique en France

Usage	Quantité d'eau en litres par usage ou par personne	Nombre de fois par jour ×	Total en litres
Chasse d'eau	10		
Chasse d'eau économique	3 à 6		
Bain	120 à 200		
Douche	20 à 60		
Cuisine	5		
Boisson	1,5 à 2		
Lave-linge	40 à 80		
Lave-vaisselle	20 à 60		
Vaisselle à la main	20 à 40		
Arrosage jardin	4 l par heure par goutteur ou 1 à 3 l/jour/m²		
		Consommation journalière	

Remarque

Le choix des valeurs du tableau 3.1 s'effectuera en fonction des caractéristiques des appareils électroménagers et en fonction des habitudes des utilisateurs.

On évalue ainsi les besoins domestiques entre 70 et 100 l par jour et par habitant selon la taille de l'agglomération et les besoins publics (voirie, assainissement, jardins publics...) entre 45 et 50 l par jour et par habitant. On estime ainsi que la consommation globale moyenne est de 150 l par jour et par habitant. Plus la ville est importante, plus la consommation moyenne augmentera pour atteindre 200 à 250 l par jour et par habitant, voire plus dans certains cas.

Répartition des consommations domestiques (source : www.cieau.com) :

- 1 % : boisson ;
- 6 % : préparation de la nourriture (soit seulement 7 % pour l'alimentation) ;
- 6 % : lavage de la voiture, arrosage du jardin ;

- 10 % : vaisselle ;
- 12 % : linge ;
- 20 % : WC ;
- 39 % : bains-douches ;
- 6 % : divers.

Il existe six agences de bassin (Artois, Rhin, Seine, Loire, Garonne, Rhône) qui sont chargés d'étudier et de gérer les ressources en eau.

Dans la pratique

La conception d'une installation doit tenir compte des besoins des futurs occupants.

2 Récupération d'eau de pluie

La récupération d'eau de pluie, son stockage dans une cuve enterrée et son utilisation pour un usage domestique (WC, machines à laver, arrosage, etc.) peut conduire à une forte réduction de sa facture d'eau.

Dans certains lieux (en cas de manque de ressources en eau), ce sera la seule solution économique envisageable. Mais aujourd'hui, le réchauffement climatique et le dérèglement que cela entraîne rendent plus incertaines les valeurs des précipitations.

Le choix de ce type d'installation se fera en fonction de quatre critères principaux :

- importance des précipitations annuelles disponibles ;
- surface de toiture permettant la collecte de l'eau de pluie ;
- quantité et évolution annuelle des besoins (utilisation) ;
- niveaux de confort souhaité (pression dans l'installation, système automatisé, etc.).

Les installations de récupération d'eau pluviale équipées de réservoirs en matières plastiques (PHD) ou en béton seront conçues de la même manière :

- réservoirs étanches ne permettant pas les infiltrations d'eaux de surface ;
- raccordement direct à la descente d'eau pluviale de la toiture ;
- filtre nettoyable à l'entrée du réservoir ;
- surverse raccordée au réseau d'évacuation d'eau pluviale ;
- pompe d'aspiration équipée d'une crépine ;
- boîtier de contrôle ;
- système de filtration à l'entrée du réseau de distribution.

Lorsque l'alimentation en eau de pluie est incertaine ou irrégulière, on devra installer un système de gestion automatique qui permettra d'alimenter le réseau de distribution en eau de ville si la citerne est vide.

Des capteurs supplémentaires pourront fournir des informations complémentaires : filtre bouché, reflux du réseau d'évacuation des eaux pluviales, niveau d'eau dans la citerne...

Tableau 3.2 – Exemple de volume de citerne à sélectionner en fonction de besoins pour des précipitations annuelles de 500 mm (source Grundfos)

Besoins (m^3)	20	40	55	65	80	95
Surface de toiture (m^2)	50 à 80	80 à 100	120 à 150	150 à 200	200	200
Volume de la citerne (m^3)	1,5	3,5	3,5	5	5	7,5

Les valeurs du tableau 3.2 sont indicatives et à adapter en fonction des caractéristiques locales :

- valeurs moyennes des précipitations,
- fréquence des précipitations,
- répartition des besoins sur l'année.

Il conviendra de se renseigner auprès des services de Météo France pour connaître ces caractéristiques.

Exemple de calcul

Si l'on évalue les besoins à 150 l d'eau par jour, soit 55 m^3 par an et que les précipitations sont de 730 mm par an avec la répartition des pluies sur l'année suivante :

Mois	**J**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**
Précipitations (mm)	45	50	95	120	100	15	15	20	60	90	60	50

Si la toiture a une surface projetée de 200 m^2 on peut définir les quantités d'eau récupérées mensuellement :

Mois	**J**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**
Volume (m^3)	9	10	19	24	20	3	3	4	12	18	12	10

...

Les besoins étant de 150 l par jour soit 4,5 m³ par mois, pour pouvoir satisfaire aux besoins sur les trois mois d'été : juin, juillet et août, il faudra choisir une cuve de 8 m³ ou prévoir un appoint d'eau (tableau 3.3).

Tableau 3.3 – Prévisions de besoin en eau

Quantité d'eau dans la cuve au début du mois (m³)	Prélèvement	Précipitations	Reste
Juin 8	4,5	3	6,5
Juillet 6,5	4,5	3	5
Août 5	4.5	4	4.5
Septembre 4,5	4.5	12	8

L'utilisation de cette eau pour l'arrosage ne sera possible qu'en dehors des mois d'été.

Attention

L'eau de pluie ne peut pas être utilisée pour la consommation humaine.

Dans la pratique

L'utilisation des eaux de pluie reste écologique mais n'est économique que si les investissements dans les installations restent « saisonnables ».

3 Déversoirs

Lorsqu'il y a à proximité une rivière, l'eau peut être récupérée par un déversoir. Dans ce cas, il est possible de calculer son débit.

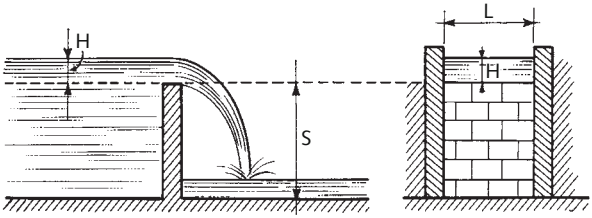


Figure 3.1 – Déversoir rectangulaire

Le débit en litres par seconde pour un mètre de largeur de seuil en fonction de la hauteur du seuil (S) et de la hauteur d'eau (H) est donné dans le tableau 3.4.

Tableau 3.4 – Débits en litre/seconde des déversoirs rectangulaires à paroi mince pour un mètre de largeur, d'après la formule de Bazin

H (m)	Pour S (m)					
	0,20	0,40	0,60	1,00	2,00	Infinie
0,05	23,5	23,2	23,1	23,0	23,0	23,0
0,06	30,4	29,8	29,7	29,6	29,6	29,6
0,08	46,2	44,9	44,6	44,4	44,3	44,2
0,10	64,6	62,2	61,6	61,2	60,9	60,1
0,12	85,2	81,4	80,3	79,6	79,2	79,0
0,16	133	125	101	99,6	99,2	99,0
0,20	189	176	172	169	167	166
0,26	287	265	257	250	246	244
0,30	362	332	320	311	305	302
0,40	362	525	503	482	469	462
0,50	362	753	717	683	658	644
0,60	362	1 012	961	910	869	845
0,70	362	1 302	1 207	1 160	1 101	1 061

H = hauteur d'eau en *mètres* au-dessus du seuil (ou charge), mesurée en amont du déversoir à une distance au moins égale à 4 H.
S = hauteur du seuil en *mètres*.
L = dimension horizontale du seuil en *mètres*.

4 Distillation de l'eau

En dehors des procédés industriels, la distillation de l'eau n'est employée que lorsque l'on ne peut pas obtenir de l'eau potable par les moyens habituels (à bord des bateaux, dans les régions désertiques, etc.).

4.1 Principe de la distillation

La vapeur d'eau obtenue par ébullition est dirigée vers des parties froides au contact desquelles elle se condense (figure 3.2). L'eau que l'on condense abandonne les sels minéraux qu'elle contient (l'eau distillée ne convient pas pour l'alimentation).

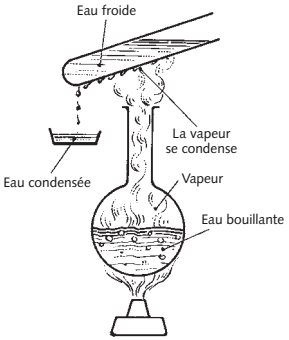


Figure 3.2 – Distillation de l'eau. La vapeur d'eau se forme par ébullition ; elle se condense au contact d'un corps froid

Les procédés de distillation de l'eau consomment beaucoup d'énergie, mais il existe un procédé de distillation naturelle utilisant l'énergie solaire.

4.2 Distillation naturelle

Utilisée par les Grecs il y a 2300 ans, elle est réalisée par l'action des rayons solaires au travers du vitrage d'un châssis dans lequel on introduit de l'eau impropre à un usage domestique. Cette technique est utilisée en Australie, au Brésil, en Grèce, en Inde, aux États-Unis, en Tunisie, aux Antilles, etc.

L'eau se vaporise et se condense en gouttelettes sur la surface intérieure du vitrage. Les gouttelettes glissent et vont tomber dans une gouttière aménagée pour les recevoir (figure 3.3). Selon les régions et l'ensoleillement, ce type de panneau peut produire de 0,3 l au mètre carré par jour en décembre à 3 l par mètre carré de vitrage et par jour pendant les mois chauds.

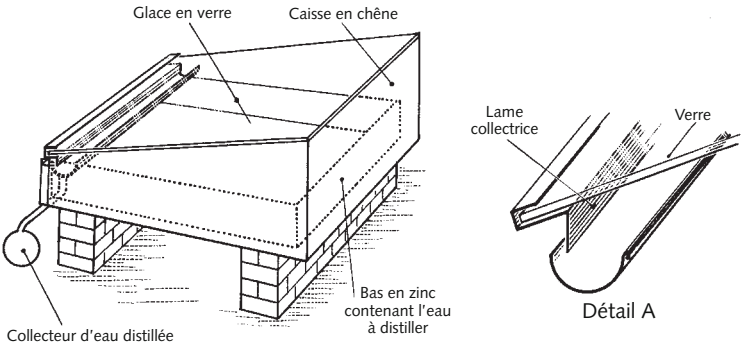


Figure 3.3 – Distillation de l'eau par ensoleillement

Aujourd'hui ce type de panneau est fabriqué en acier inoxydable, l'eau est stockée dans un réservoir.

4.3 Distillation de l'eau de mer

Il existe des postes de distillation équipée de brouilleurs à basse pression capables de distiller de grosses quantités d'eau de mer.

Le dessalement, ou désalinisation, est utilisé dans les pays qui ont peu de ressources en eau, même si le procédé reste coûteux (Koweït, Arabie Saoudite, États-Unis, Israël, Espagne, Grande-Bretagne...).

5 Osmose inverse

L'osmose inverse est un procédé de plus en plus utilisé pour rendre l'eau potable. On utilise la pression pour forcer l'eau à passer à travers la membrane.

L'eau de mer est filtrée et désinfectée, puis circule sous forte pression à travers des filtres qui ne laissent passer que les molécules d'eau. L'eau est ensuite reminéralisée avant consommation. C'est un procédé qui consomme beaucoup d'eau et d'énergie.

6 Autres techniques de captage d'eau

6.1 Captages par filets

Dans certaines régions du Chili, situées en bord de mer où l'eau douce est rare, on utilise des filets capables de collecter les gouttes d'eau en

suspension dans le brouillard. Cette eau est collectée dans une gouttière et stockée dans des réservoirs pour alimenter les villages environnants.

6.2 Captages en mer

Des procédés techniques ont été testés sur la Côte d'Azur et en Italie pour capter des sources d'eau douce qui jaillissent en mer. Ces procédés utilisent la différence de densité entre l'eau douce (densité 1) et l'eau de mer (densité 1,025). L'eau douce est recueillie dans une poche souple pour être stockée dans un réservoir ou pompée à terre (au large de Menton, par exemple, l'eau sort 36 m sous la surface de la mer).

7 Recherche des eaux souterraines

Lorsque la ressource en surface n'existe pas, il faut aller chercher les eaux souterraines. Le captage d'une eau souterraine est réglementé et soumis à déclaration, il convient de se renseigner auprès de sa mairie. Les règles de captage seront établies de manière à limiter les risques de pollution de la nappe phréatique.

Avant l'apparition des techniques modernes, seuls les sourciers avaient la capacité de trouver l'emplacement des réseaux d'eau souterrains (il semblerait que les sourciers aient la capacité de capter les variations de champs magnétiques provoqués par la présence de cours d'eau souterrains).

Aujourd'hui, on emploie les mêmes techniques que pour le forage de puits pétroliers. Ces techniques permettent de déterminer la nature des sols et d'en déduire la présence de nappes d'eau souterraines située sous des couches géologiques étanches.

Les entreprises spécialisées peuvent réaliser des forages sur plusieurs dizaines de mètres et parfois plusieurs centaines de mètres afin d'atteindre la nappe phréatique. Il convient toutefois de faire appel à des géologues pour connaître la nature des sols.

Le prélèvement important de la ressource en eau souterraine liée notamment à la culture intensive provoque en période de sécheresse un abaissement du niveau des nappes souterraines ; de nombreuses régions se retrouvent en restriction d'eau durant les mois d'été afin de préserver cette ressource en eau qui met plusieurs dizaines ou plusieurs centaines d'années à se renouveler.

Globalement la France est autosuffisante en eau, mais on voit apparaître depuis quelques années des sécheresses à répétition dans certaines

régions et des inondations dans d'autres. Les précipitations ne sont pas régulières, il convient donc d'économiser et de gérer au mieux nos ressources en eau en limitant nos besoins.

La pluviométrie moyenne annuelle varie en France de moins de 300 l par m² à plus de 1 200 l par m², elle s'exprime en millimètre de précipitations (1 mm correspond à 1 l par m²).

Le GIEC (Groupe intergouvernemental d'experts sur les changements climatiques), dans les rapports successifs établis depuis 2001, précise qu'il faut s'attendre à une variabilité accrue du climat, notamment à un fort impact sur le cycle de l'eau (pluies diminuées là où elles sont déjà faibles en été, pluies augmentées là où elles sont déjà abondantes quelle que soit la saison).

La gestion de l'eau au niveau local et au niveau mondial deviendra une préoccupation vitale dans les années à venir.

Dans les régions côtières, le prélèvement trop important dans les nappes souterraines provoque l'infiltration d'eau de mer, ce qui rend l'eau salée et provoque la dégradation des cultures.

8 Puits

8.1 Puits ordinaires

Un puits ordinaire est généralement maçonné, sauf dans les terrains rocheux. On le creuse en maintenant la terre avec des caissons métalliques ou des cercles de bois. La maçonnerie est montée pour stabiliser l'ensemble. On utilise parfois des éléments en béton préfabriqués qui sont mis en place plus rapidement et sont plus économiques.

8.2 Puits instantanés

Ils sont destinés aux besoins peu importants ; à faibles profondeurs (moins de 8 m), leur installation est rapide et peu coûteuse.

On effectue un forage afin d'introduire un tube perforé verticalement dans le sol à un endroit connu pour se situer au-dessus d'une nappe souterraine (proximité d'une rivière ou d'un lac).

Figure 3.4 – Forage pour puits instantané

La limite de puisage théorique est de 10,33 m ; dans la pratique, les pompes aspirantes ont une limite de 7 à 8 m.

8.3 Puits artésiens

Dans un puits artésien (du latin *artésianus*, nom de la peuplade gauloise qui habitait l'Artois), l'eau s'élève et jaillit par la conséquence du principe de physique des vases communicants. Lorsque l'on perce un puits et que l'on atteint une nappe souterraine alimentée par un lac situé au-dessus du point de forage, l'eau va naturellement sortir sous pression.

Il convient donc de faire effectuer ce forage par une entreprise spécialisée qui sera en mesure de contenir cette eau sous pression.

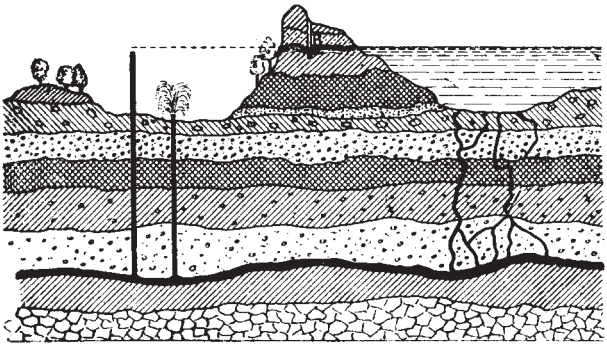


Figure 3.5 – Théorie des puits artésiens

8.4 Puits profonds

Lorsqu'il n'existe pas de nappes à faible profondeur, il faut descendre jusqu'aux nappes profondes (parfois jusqu'à 700 m) en faisant appel à des entreprises spécialisées de forage. On utilisera alors des pompes multicellulaires.

Ce type de matériel de forage peut être monté sur un camion.

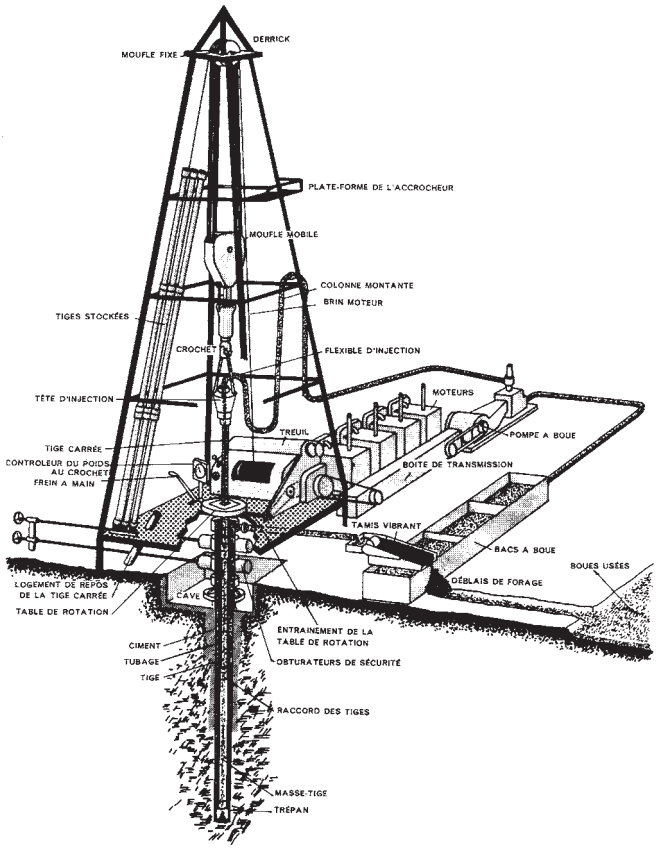


Figure 3.6 – Forage profond

9 Appareils élévateurs

Les techniques d'élévation de l'eau ont évoluées au cours du temps même si certains appareils persistent encore dans certaines régions.

9.1 Seau

C'est le plus naturel après l'écope, manœuvré à la main ou à la corde généralement passée dans une poulie. La corde doit être de gros diamètre pour éviter la fatigue des bras, son extrémité est souvent attachée à un tambour sur lequel elle s'enroule par la manœuvre d'un treuil. Celui-ci est parfois manœuvré par une roue 1,5 m de rayon, ce qui rend le travail moins pénible.

9.2 Noria

Elle remonte à la plus haute Antiquité : les vases en terre cuite attachés tout autour d'une grande roue se remplissent à la partie basse à leurs passage dans l'eau et se vident à la partie haute dans des rigoles en bois qui la conduisent dans les bassins (figure 3.7).

Encore employé aujourd'hui, cet appareil, de bon rendement, se compose essentiellement d'une chaîne qui porte les godets.

La roue d'entraînement peut être mise en mouvement par le vent, l'eau ou toute autre force disponible.

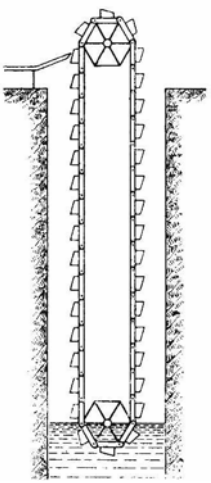


Figure 3.7 – Noria

9.3 Roue à aube

Elle tourne sous l'effet de courant ou d'une chute d'eau. La plus célèbre fut la machine de Marly qui alimentait Versailles et ses environs. Réalisé en 1681 par le charpentier liégeois, Renquin Swaln, elle débitait plus de 1 000 m³ d'eau par jour par l'action de 14 roues de 12 m de diamètre et 253 pompes. Elle fut remplacée en 1817 puis en 1966 par une station de pompage électrique.

9.4 Pompe à chaîne hélice

Munie d'une chaîne de 25 à 35 mm de diamètre, elle fonctionne avec un contrepoids (figure 3.8).

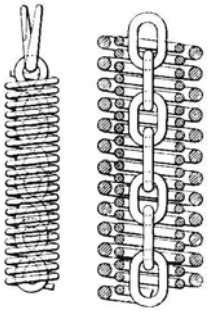


Figure 3.8 – Pompe à chaîne hélice

9.5 Pompe capillaire

Utilisant la capillarité, une roue motrice, manuelle ou mécanique, entraîne une chaîne sans fin qui plonge dans l'eau (figure 3.9). La chaîne est en matière spongieuse, cuir ou corde, mais, on trouve aussi des chaînes métalliques.

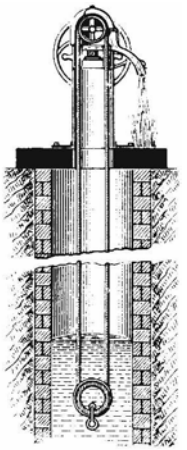


Figure 3.9 – Pompe capillaire

9.6 Moulin à vent

Les aéromoteurs ou éoliennes dont on reprend la fabrication en Europe servent à actionner une génératrice électrique (dynamo) ou directement une pompe.

Le vent frappe la roue perpendiculairement au plan de rotation. Les roues sont à ailettes en bois ou en tôle, articulées à leurs points d'attache centrale de façon à pouvoir être commandées par un gouvernail selon la force du vent. En cas de tempête, la roue tourne sur elle-même pour ne

plus présenter de résistance au vent, un gouvernail met l'ensemble dans le vent et débraye le mécanisme, on dit qu'il s'éclipse.

Le vent n'étant pas régulier, l'expérience montre qu'en France il faut avoir un réservoir d'une contenance de cinq à six fois la consommation journalière pour disposer de suffisamment d'eau.

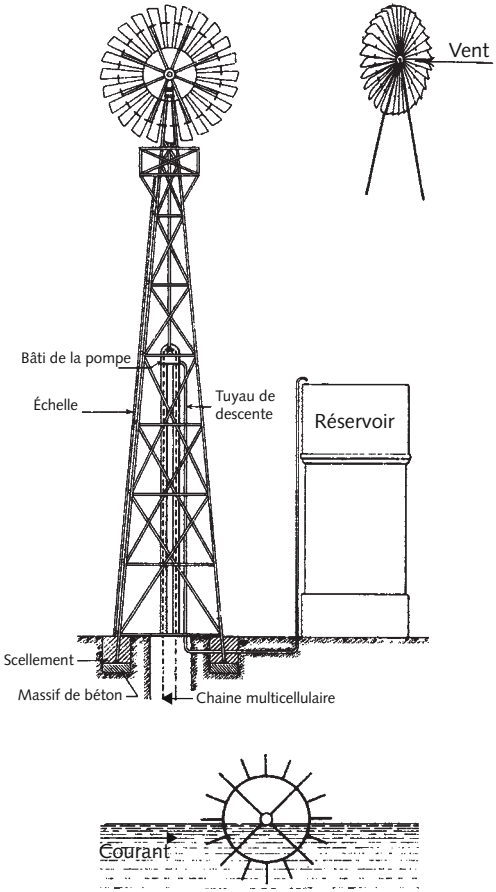


Figure 3.10 – Moulin à vent et moulin à eau

Tableau 3.5 – Caractéristiques moyennes de roues de moulin

Diamètre de la roue	2,50 m	3 m	4 m
Force en chevaux	1/8	1/4	3/4
Quantités d'eau (en litre) élevées à l'heure par vent de 10 m à la seconde (vent assez fort, le vent moyen est de 4 à 6 m)			
à 5 m de hauteur	1400	4000	8000
à 10 m de hauteur	700	2000	4000
à 20 m de hauteur	400	1000	2000
à 40 m de hauteur		600	1000
à 60 m de hauteur			600
Nota : avoir la précaution de mettre la roue au-dessus des obstacles naturels (maisons, arbres), dans un rayon d'au moins 200 m.			

10 Types de pompes

Il existe de nombreux types de pompes regroupées principalement en trois familles :

- **les pompes volumétriques :** pour des usages simples (utilisation manuelle), pour les très hautes pressions, les dosages précis... ;
- **les pompes centrifuges** : le modèle le plus répandu, utilisé pour l'assainissement, la surpression, la circulation d'eau dans les installations ;
- **les pompes axiales** : très peu utilisées dans des installations sanitaires et thermiques elles ne seront pas détaillées dans cet ouvrage.

10.1 Pompes volumétriques

Elles déplacent un volume précis du liquide pompé, le modèle le plus simple étant la pompe à piston avec 2 clapets. Le corps de pompe est en fonte, en cuivre ou en alliage.

■ Pompe aspirante

Dans la pompe aspirante, le piston est un cylindre muni d'une soupape, le mouvement vertical alterné va successivement ouvrir un des deux clapets pendant que l'autre reste fermé (figure 3.11). Le clapet A est ouvert et A' fermé lorsque le piston descend, le clapet A' est ouvert et le clapet A fermé lorsque le piston remonte. L'eau est ainsi aspirée puis refoulée du

corps de la pompe. La limite d'aspiration est de 8 m. Ces pompes doivent être équipées d'une crépine avec clapet anti-retour pour éviter de désamorcer la tuyauterie d'aspiration. L'étanchéité des clapets est à vérifier régulièrement et il faut souvent amorcer la pompe en la remplissant d'eau lors de la première utilisation.

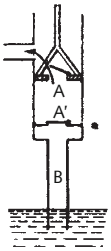


Figure 3.11 – Pompe aspirante : A et A' soupapes d'aspiration, B tuyauteries d'aspiration

■ Pompe foulante

Dans ce système, le corps de pompe est entièrement plongé dans l'eau et fermé en partie basse. Lorsqu'on abaisse le piston, l'eau contenue dans le corps de pompe est poussée dans la tuyauterie de refoulement (figure 3.12).

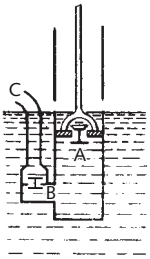


Figure 3.12 – Pompe foulante : A soupape de refoulement du piston, B soupape du tuyau de refoulement C

■ Pompe aspirante et foulante

C'est une combinaison des deux systèmes précédents. Le tuyau d'aspiration plonge dans l'eau. Lorsque le piston remonte, l'eau est aspirée ; lorsque le piston descend, l'eau est poussée dans la tuyauterie de refoulement (figure 3.13). Pour éviter le bruit provoqué par le mouvement saccadé de l'eau, on peut installer un antibélier à vessie à proximité de la pompe.

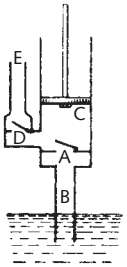


Figure 3.13 – Pompe aspirante et foulante : A soupape d'aspiration, B tuyau d'aspiration, C piston plein, D soupape du tuyau de roulement E

■ Pompe à piston plongeur

Ces pompes reprennent le principe de la pompe aspirante et foulante (figure 3.14). Elles sont utilisées pour les pompes motorisées, compresseurs, pompes hautes pression...

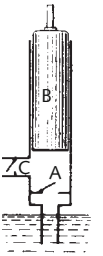


Figure 3.14 – Pompe à piston : A aspiration, B piston plongeur, C soupape de refoulement

■ Pompe rotative volumétrique

Dans les pompes rotatives, on trouve les pompes à engrenages, les pompes à palettes, les pompes péristaltiques (pompe doseuses)... Leur principe de fonctionnement est toujours le même : un volume de liquide est déplacé de l'aspiration vers la tuyauterie de refoulement par l'engrenage, la volute excentrée ou les palettes.

Les pompes péristaltiques sont utilisées lorsque le liquide pompé ne doit pas être en contact avec des pièces métalliques. Un galet écrase un tuyau souple pour en déplacer le liquide contenu dans celui-ci (exemple : dosages d'acide chlorhydrique pour une piscine fonctionnant avec un système de traitement par électrolyse).

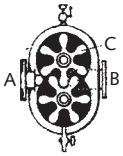


Figure 3.15 – Pompe à engrenages : A : aspiration, B : refoulement, C : engrenage

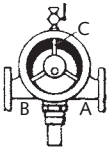


Figure 3.16 – Pompe à palettes : A : aspiration, B : refoulement, C : piston à palettes

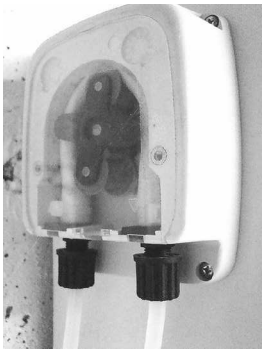


Figure 3.17 – Pompe péristaltique pour piscine

Les pompes volumétriques déplacent un volume d'eau du point d'aspiration vers le point de refoulement (figure 3.18).

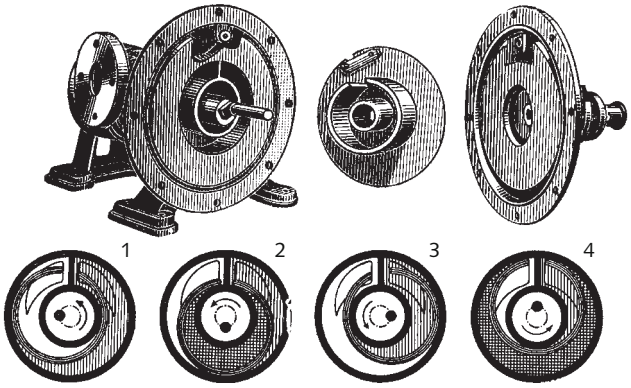


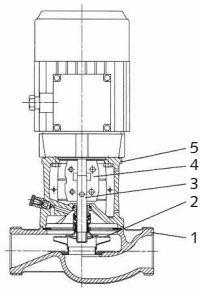
Figure 3.18 – Fonctionnement de la pompe volumétrique Mouvex

10.2 Pompe centrifuge

C'est le modèle de pompe que l'on rencontrera le plus souvent dans les installations techniques. Sous l'effet de la rotation d'une roue mobile (ou volute), l'eau est aspirée au centre de la roue et projetée vers l'extérieur (dans le collecteur).

Il existe différents modèles de roues centrifuges : fermée, semi-ouverte, hélico-centrifuge… qui auront tous des usages différents (liquide clair, liquides chargés, débits importants…).

TP, TPE Série 100



Matériaux des TP série 100

Pos.	Composants
1	Corps de pompe
2	Roue
3	Arbre
4	Accouplement
5	Lanterne du moteur
	Joint
	Grain tournant
	Grain fixe

Figure 3.19 – Coupe d'une pompe monocellulaire TP GRUNDFOS

Figure 3.20 – Exemple de roue centrifuge

Pour plus de détails, il faut consulter le paragraphe sur les pompes centrifuges dans les pages qui suivent.

Si l'on veut augmenter la pression, il suffit d'augmenter le diamètre de la roue (la force centrifuge sera plus importante) ou d'utiliser une pompe multicellulaire dans laquelle plusieurs roues mobiles sont montées en série sur un seul arbre (figure 3.21).

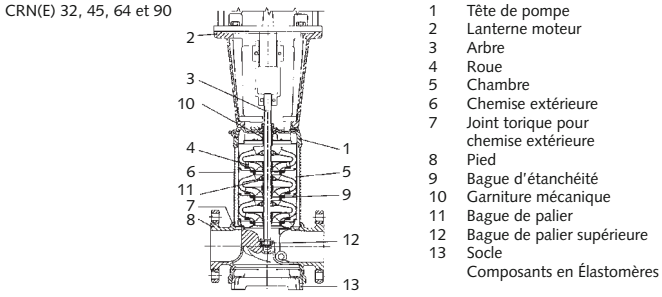


Figure 3.21 – Coupe d'une pompe multicellulaire CRN(E) GRUNDFOS

10.3 Hydro-éjecteur

L'hydro-éjecteur permet de pomper de l'eau jusqu'à une profondeur de 25 m, la pompe restant en surface. Ce dispositif se monte sur la tuyauterie d'aspiration de la pompe. De l'eau sous pression est envoyée dans la tuyère située face à un cône de Venturi, elle va créer une poussée qui va permettre d'augmenter la hauteur d'aspiration et d'aspirer l'eau située au fond du puits.

On gagne en hauteur d'aspiration mais on perd en débit car un tiers à la moitié de l'eau pompée est recyclée dans l'hydro-éjecteur. Ce dispositif est encore utilisé par les pompiers pour puiser l'eau dans les rivières ou dans les bassins afin de remplir les camions.

Il faut amorcer la pompe en la remplissant d'eau grâce à l'entonnoir. Les manomètres permettent de contrôler le fonctionnement de l'ensemble, la vanne autorégulatrice permet d'ajuster la quantité d'eau recyclée dans l'hydro-éjecteur.

Lorsque l'eau est chargée, la buse se bouche régulièrement. Ce type d'installation est peu utilisé de nos jours dans les installations domestiques.

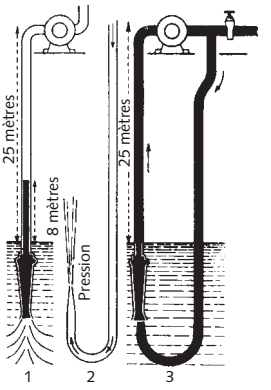


Figure 3.22 – Pompe avec hydro-éjecteur

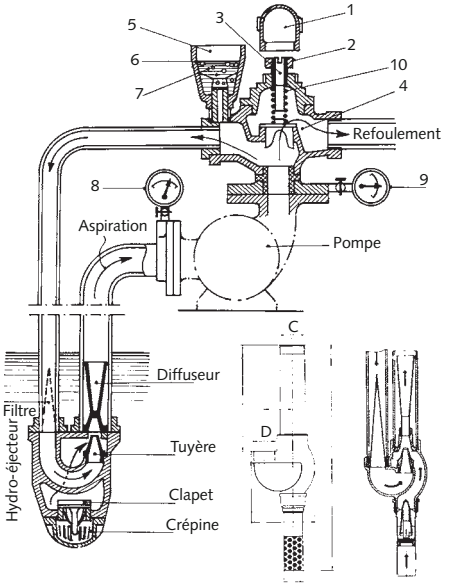


Figure 3.23 – Hydro-éjecteur Guinard. La valvo-crépine (à droite) a remplacé le clapet (à gauche).

1. chapeau 2. contre-écrou de blocage ; 3. vis de réglage du clapet 4 ; 5. entonoir d'amorçage ; 6. niveau à atteindre jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de bulles d'air ; 7. le remplissage fait, mettre en route, ouvrir les robinets des mano. et un robinet de puisage de l'installation. Quand le mano. 8 retombe à zéro l'hydro-éjecteur est amorcé. Le mano. 9 indique la pression, qu'on règle en agissant sur la vis 3.

10.4 Pompe bélier ou bélier hydraulique

Découvert en 1792 par Joseph de Montgolfier, elle utilise la force cinétique de l'eau qui s'écoule dans une tuyauterie, pour l'élever au-dessus du niveau d'origine.

Ernest Bollée et son fils perfectionnent et commercialisent le système à partir de 1842 (plus de 2 000 béliers en service dans les années 1930). La société n'existe plus de nos jours, mais on en trouve encore aujourd'hui dans les campagnes et plus généralement dans les lieux où l'on ne trouve pas d'électricité et où une pompe thermique coûte trop cher.

Le bélier hydraulique ne nécessite aucun entretien, les pièces d'usure sont conçues pour durer plusieurs années, voir plusieurs dizaines d'années. Une fois l'amorçage du mouvement effectué et les réglages réalisés, l'appareil fonctionne seul.

La consommation d'eau peut varier de 15 à 5 000 l/min et la hauteur de chute doit être d'au moins 0,5 m.

Plus la hauteur de chute est importante, plus le bélier sera petit et la consommation « d'eau motrice » sera faible.

La hauteur d'élévation maximum est de 25 fois la hauteur de chute, elle peut dépasser les 100 m de hauteur (pour une hauteur de chute supérieure à 4 m), transporter l'eau sur plusieurs kilomètres et atteindre des débits supérieurs à 300 l/min (18 m^3/h).

Le bélier se monte sur une tuyauterie rigide (en fonte ou en acier) appelée tuyauterie de batterie, qui doit résister aux coups de bélier répétés.

Le rendement (η) généralement pris en compte est de 0,65 si on élève l'eau de 10 fois la hauteur de chute et de 0,70 si on élève l'eau de 5 fois la hauteur de chute, mais il peut atteindre 0,8 en réduisant ce rapport.

Sur une installation en fonctionnement, on calculera le rendement avec la formule suivante :

$$\eta = \frac{q.h}{Q.H}$$

avec :

q : débit de refoulement ;

Q : débit moteur, dans la même unité de q ;

h : hauteur de refoulement au dessus du niveau d'origine en mètres ;

H : hauteur de chute en mètres.

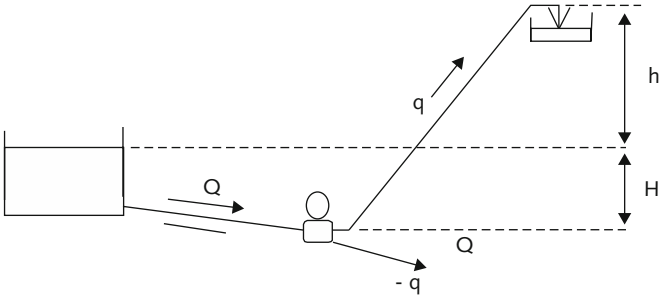


Figure 3.24 – Bélier hydraulique

On peut ainsi calculer d'une manière simplifiée les débits en fonction des hauteurs :

Débit de refoulement : $$q = \eta \cdot \frac{Q \cdot H}{h}$$

Débit moteur : $$Q = \frac{q \cdot h}{\eta \cdot H}$$

Exemple

On dispose d'un débit moteur de 18 l/min (le débit d'un robinet) et d'une hauteur de chute de 5 m. On pourra :

– élever de 20 m un débit de 3,15 l/min soit 4,5 m³ par jour :

$$q = 0{,}7 \cdot \frac{18 \times 5}{20} = 3{,}15$$

– ou élever de 5 m un débit de 12,6 l/min soit 18 m³ par jour :

$$q = 0{,}7 \cdot \frac{18 \times 5}{5} = 12{,}6$$

☐ **Principe de fonctionnement**

La tuyauterie de batterie doit avoir un diamètre supérieur à l'orifice du clapet de décharge.

Dans un premier temps, il faut amorcer le mécanisme en ouvrant le clapet de décharge situé sur la soupape d'évacuation. Lorsque le débit et la vitesse de l'eau sont suffisants, il faut relâcher le clapet pour provoquer le premier coup de bélier.

- La soupape d'évacuation se ferme, il y a formation d'un coup de bélier (la pression augmente fortement dans la tuyauterie de batterie), la soupape de refoulement s'ouvre.
- L'eau qui passe par la soupape de refoulement comprime l'air situé dans la cloche, la pression dans la cloche augmente et la vitesse de l'eau diminue, le clapet de refoulement se referme.
- La fermeture de la soupape de refoulement entraîne une chute de pression dans la tuyauterie de batterie et dans le corps du bélier hydraulique, ce qui permet l'entrée d'air par le reniflard.
- Sous l'effet de la dépression et du recul de l'eau, la soupape de décharge s'ouvre, l'eau avance à nouveau.
- L'eau s'écoule dans la tuyauterie de batterie et par la soupape de décharge jusqu'à ce que la différence de pression la referme à nouveau.

11 Pompes centrifuges et circulateurs

La pompe centrifuge est le modèle le plus utilisé dans nos installations. La pompe centrifuge est une pompe qui utilise la force centrifuge. Elle transforme l'énergie mécanique pour la transmettre à l'eau sous forme de débit et de pression (énergie cinétique et potentielle). La force centrifuge, est la force qui sous l'effet d'une rotation nous projette vers l'extérieur d'un manège, ou, maintient l'eau au fond du seau que l'on fait tourner). Dans le corps d'une pompe, le moteur relié par un arbre à la roue à aubes, met celle-ci en rotation. L'eau est mise en mouvement et projetée vers l'extérieur, dans la volute, puis dans la tuyauterie de refoulement. Ce mouvement provoque une dépression au centre de la volute, ce qui permet l'aspiration du liquide pompé (figure 3.25).

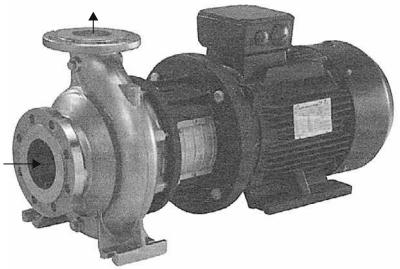
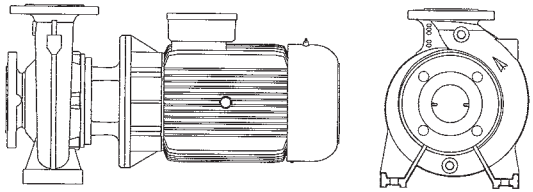


Figure 3.25 – Pompe NB GRUNDFOS

Pour augmenter le débit et la pression, on augmentera le diamètre de la roue.



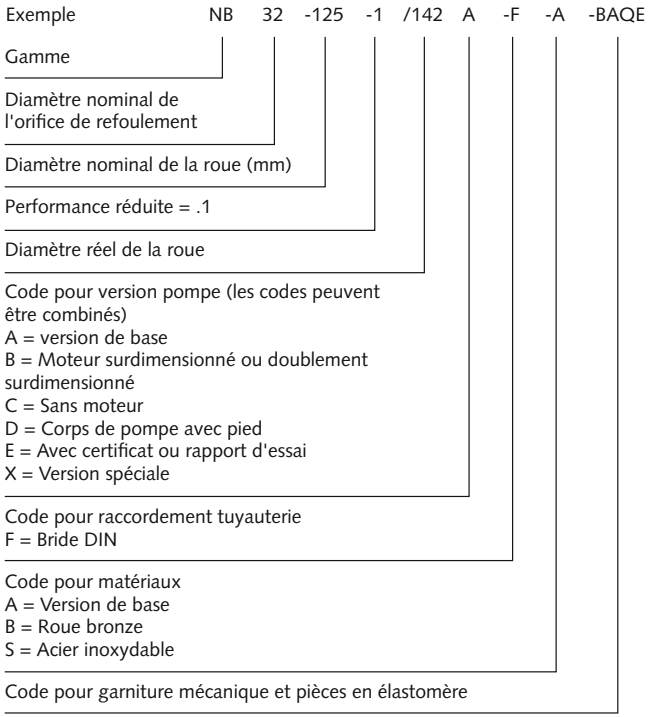


Figure 3.26 – Pompe NB GRUNDFOS *(suite)*

Généralement, le terme pompe est utilisé lorsque l'on déplace de l'eau d'un endroit vers un autre, le terme circulateur (figure 3.27) est utilisé lorsque l'on fait circuler l'eau dans un circuit fermé (chauffage central, boucle d'eau chaude sanitaire...).

Pour bien comprendre les effets et le fonctionnement d'une pompe centrifuge et pouvoir la choisir correctement, il faut maîtriser quelques notions théoriques.

Figure 3.27 – Exemple de volute d'un circulateur

11.1 Pression – hauteur manométrique

On peut rappeler les données contenues dans le mémento technique :

1 bar = 10,2 mCE

Si l'on souhaite faire monter de l'eau sur une hauteur de 10,2 m, il faudra que la pompe fournisse une pression supérieure à 1 bar.

Dans la pratique

Pour simplifier le calcul on prendra le plus souvent :

1 bar = 10 mCE

De la même manière, si l'on souhaite aspirer de l'eau sur une hauteur de 5 m, il faudra que la pompe provoque à l'aspiration une pression négative inférieure à –0,5 bar.

Remarque

Toutes les pressions indiquées par les documents techniques, les manomètres ou les vacuomètres sont des **pressions relatives** (qui ne tiennent pas compte de la **pression atmosphérique**), car le manomètre est soumis lui-même à la pression atmosphérique
Pression absolue = Pression relative + Pression atmosphérique.

Lorsqu'un manomètre indique –0,5 bar, c'est donc qu'il y a 0,5 bar de moins que la pression atmosphérique.

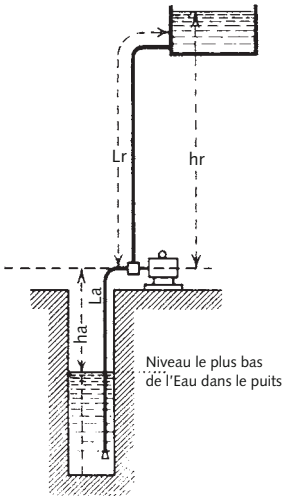
11.2 Hauteur d'aspiration – altitude

Variation de la hauteur d'aspiration en fonction de l'altitude : La pression atmosphérique varie en fonction de l'altitude, en conséquence, la hauteur d'aspiration d'une pompe diminue avec l'altitude.

Cette diminution est d'environ 0,12 m pour 100 m au-dessus du niveau de la mer.

Ainsi une pompe qui aspire correctement à 7 m de profondeur (au niveau de la mer) n'aspirera plus à 1 500 m d'altitude qu'à 5,2 m de profondeur :

$$7\ m - (15 \times 0{,}12) = 5{,}20\ m$$



ha : hauteur d'aspiration
La : longueur de la tuyauterie d'aspiration
Hr : hauteur de refoulement
Lr : longueur de la tuyauterie de refoulement

Figure 3.28 – Schéma d'installation d'une pompe

11.3 Relation débit-pression

La pression est la force qui, exercée sur l'eau, provoque son déplacement lorsqu'une robinetterie est ouverte (se reporter au paragraphe sur la relation débit-pression du chapitre 1, Mémento technique). Les caractéristiques des pompes varient en fonction des modèles. On trouve aujourd'hui des pompes à pression constante et à débit variable, des pompes à pression proportionnelle…

11.4 Relation vitesse – pertes de charge – $PdC = Z \cdot q_v^2$

Les pertes de charge sont proportionnelles au carré de la vitesse. Pour un même débit, si on diminue le diamètre intérieur de la tuyauterie (ce qui a pour effet d'augmenter la vitesse), on augmente de manière importante les pertes de charge :

$$PdC = Z \cdot q_v^2$$

avec :

Z : coefficient qui caractérise le réseau de tuyauteries ;

PdC : pertes de charge totales de l'installation en fonction du débit ;

q_v^2 : carré du débit mesuré ou calculé dans l'installation.

(Se reporter au paragraphe : Les pertes de charge du chapitre 1, Mémento technique.)

Les pertes de charge des tuyauteries d'aspiration et de refoulement sont données dans le paragraphe suivant. Pour plus de précision, se reporter aux abaques de calculs ou aux abaques fournis par les constructeurs.

11.5 Pertes de charge dans les tuyauteries d'aspiration et de refoulement

Tableau 3.6 – Pertes de charge

Débit horaire en m³	Pertes de charge en cm de colonne d'eau par mètre de tuyauterie pour une tuyauterie d'un diamètre intérieur en mm de										
	20	25	27	30	35	40	45	50	55	60	65
0,5	4	1	1								
0,75	7	2	2								
1	11	4	3	2							
1,25	16	7	4	3	1						
1,5	26	10	6	5	2						
2	40	15	10	7	3	1					
2,5	60	22	15	11	4	2	1				
3		30	22	15	6	4	2	1			
4		45	33	21	10	6	3	2			
5		70	48	31	15	9	4	3	1		

Débit horaire en m³	Pertes de charge en cm de colonne d'eau par mètre de tuyauterie pour une tuyauterie d'un diamètre intérieur en mm de										
	20	25	27	30	35	40	45	50	55	60	65
6			66	46	22	12	6	4	2	1	
8				74	32	17	10	6	3	2	1
10					48	24	15	8	5	3	2
12					70	36	22	12	8	5	3
15						50	32	18	12	7	5
18						68	44	26	17	11	8
22							60	36	24	16	12

Les pertes de charge de ce tableau sont légèrement supérieures à celles des abaques pour tenir compte des rétrécissements accidentels.

Application

Si on considère une pompe qui alimente un réservoir comme dans la figure 3.26 et que l'on a :
– Hauteur d'aspiration ha = 6 m.
– Hauteur de refoulement hr = 10 m.
– Longueur de la tuyauterie d'aspiration La = 10 m.
– Longueur de la tuyauterie de refoulement Lr = 30 m.

Si la pompe doit fournir 2 m³/h soit 1/3 des besoins journaliers, on choisira dans le tableau :
– Diamètre intérieur de la tuyauterie d'aspiration :
  on trouvera dans le tableau 3.6 pour une tuyauterie de 30 mm :
  pertes de charges = 7 cmCE/m, soit 0,07 mCE/m
– Diamètre intérieur de la tuyauterie de refoulement :
  on trouvera dans le tableau 3.6 pour une tuyauterie de 27 mm :
  pertes de charges = 10 cmCE/m, soit 0,10 mCE/m

On obtient le calcul suivant :

Hauteur d'aspiration		6 m
Pertes de charge à l'aspiration	10 × 0,07	0,7 mCE
Hauteur de refoulement		10 m
Pertes de charge au refoulement	30 × 0,1	3 mCE
Pertes de charge singulières	0,07 + (2 × 0,1)	0,27 mCE
	Total	**19,97 mCE**

…

On choisira donc une pompe pouvant fournir un débit de 2 m³/h avec une hauteur manométrique de 2 bar.
(Remarque : Les pertes de charges singulières – coudes et accessoires – sont données par les fabricants, sinon on pourra prendre 1 ou 2 m d'équivalent en longueur de tuyauterie en fonction du rayon de courbure des coudes.)

11.6 Les courbes de pompe – courbes de réseau – point de fonctionnement

■ Courbe de pompe

La courbe de pompe détermine les performances hydrauliques de celle-ci (hauteur manométrique et débit). Le point de fonctionnement d'une installation (pertes de charges et débit) devra se situer sur la courbe de pompe.

Attention

Les constructeurs de pompes donnent dans les caractéristiques une hauteur manométrique et un débit. Ceux-ci représentent les valeurs maximales que ne peut dépasser la pompe, les valeurs de fonctionnement réelles de l'installation seront toujours inférieures à ces valeurs maximales et devront être contrôlées graphiquement sur la courbe de pompe, puis mesurées sur l'installation.

Exemple

Une pompe ayant sur sa plaque, comme caractéristiques, 22,4 mCE pour 44,1 m³/h, aura une hauteur manométrique maximum de 22,4 mCE pour un presque débit nul et un débit de 44,1 m³/h pour une hauteur manométrique beaucoup plus faible.

Lorsque que l'installation offre une résistance (pertes de charge) faible, la pompe forcera peu et le débit sera important ; inversement, lorsque l'installation offre une résistance importante, la pompe forcera plus et le débit diminuera.

La représentation habituelle est la suivante (figure 3.29) :

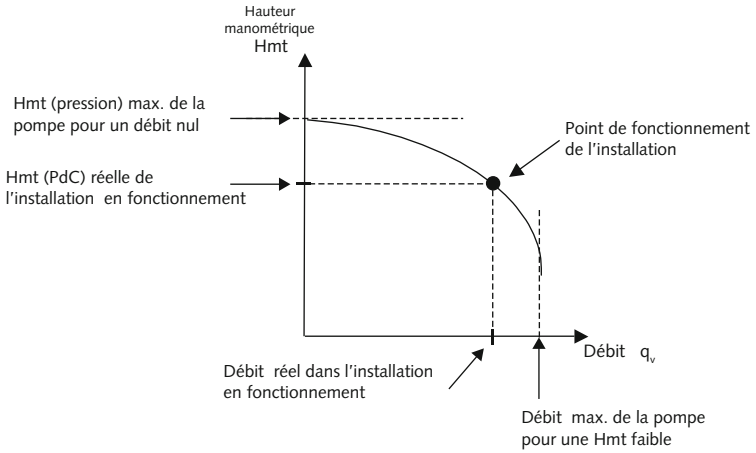


Figure 3.29 – Courbe caractéristique d'une pompe

En général, on choisi un point de fonctionnement situé sur le tiers de la partie centrale de la courbe, car elle correspond au fonctionnement de la pompe à son meilleur rendement (figure 3.30).

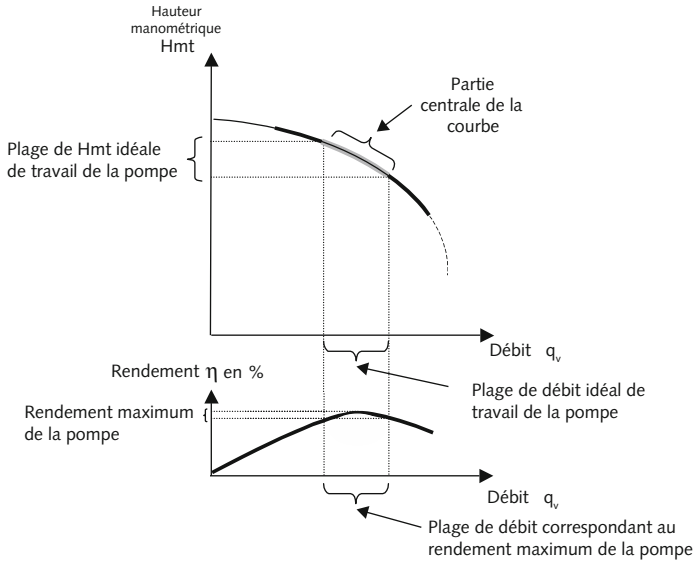
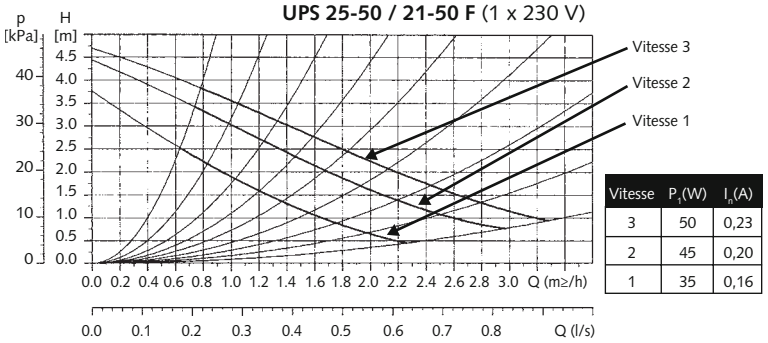


Figure 3.30 – Choix du point de fonctionnement

Il est souhaitable de choisir un point de fonctionnement situé dans la partie centrale (grisée) de la courbe : c'est dans cette zone que le rendement est le meilleur.

- Si le point de fonctionnement se situe trop à gauche de la courbe, la pompe force trop, sa consommation d'énergie sera importante.
- Si le point de fonctionnement se situe trop à droite de la courbe, le débit dans l'installation sera trop important, on risquera d'avoir des bruits de fonctionnement importants.

Pour faciliter la sélection, les constructeurs proposent des pompes ayant trois vitesses. Dans ce cas, il suffit de tourner un commutateur pour choisir la vitesse de la pompe et la courbe correspondante (figure 3.31).



Vitesse	P_1(W)	I_n(A)
3	50	0,23
2	45	0,20
1	35	0,16

Figure 3.31 – Courbe de circulateur 3 vitesses UPS 25-50 GRUNDFOS

On trouvera aussi des courbes de pompe proportionnelles (figure 3.32) ou des courbes à pression constante (figure 3.33) pour les circulateurs de chauffage notamment, lorsque les besoins en débit varient de manière importante dans l'installation alors que la hauteur manométrique varie peu.

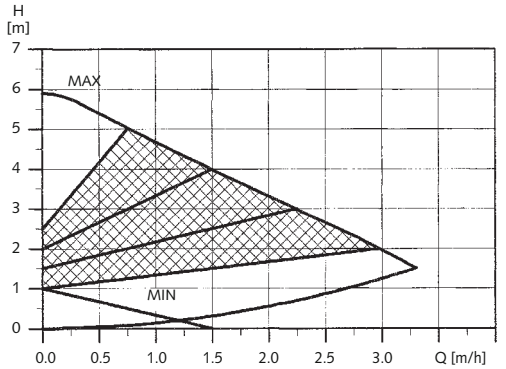


Figure 3.32 – Courbe pression proportionnelle UPE 25-40 GRUNDFOS

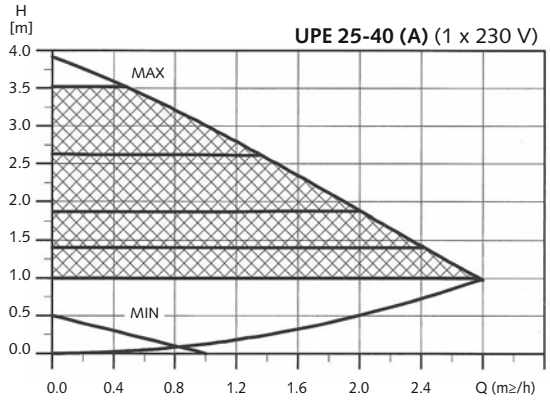


Figure 3.33 – Courbe pression constante
UPE 25-40 GRUNDFOS

Ce type de pompe (pression proportionnelle ou pression constante) est devenu aujourd'hui la norme pour le choix des pompes car la consommation électrique des pompes et circulateurs est prise en compte dans le bilan énergétique des bâtiments dans la réglementation thermique (RT 2012).

Elles permettent une économie significative de consommation électrique de la pompe. Elles vont adapter la vitesse de rotation de la turbine pour fournir une pression conforme à la consigne donnée. Les pompes actuelles permettent souvent les trois choix :

- sélection manuelle de la vitesse ;
- pression constante ;
- pression proportionnelle.

■ Courbes de réseau

Chaque installation (réseau) est caractérisé par ses pertes de charge, celles-ci évoluent en fonction de la vitesse de l'eau (donc du débit). Lorsque la vitesse augmente, les frottements et les pertes de charge augmentent aussi.

Les pertes de charge correspondent à une perte de pression dans l'installation, ce que devra compenser la pompe (pour plus de détails se reporter au chapitre 1, Mémento technique – Pertes de charge).

Un réseau très résistant est un réseau dont les pertes de charge augmentent de manière très importante lorsque le débit augmente peu.

Un réseau peu résistant est un réseau dont les pertes de charge augmentent peu lorsque le débit augmente de manière importante.

On peut représenter graphiquement l'évolution des pertes de charge dans une installation en fonction du débit par les courbes en pointillé situées sur la figure 3.34.

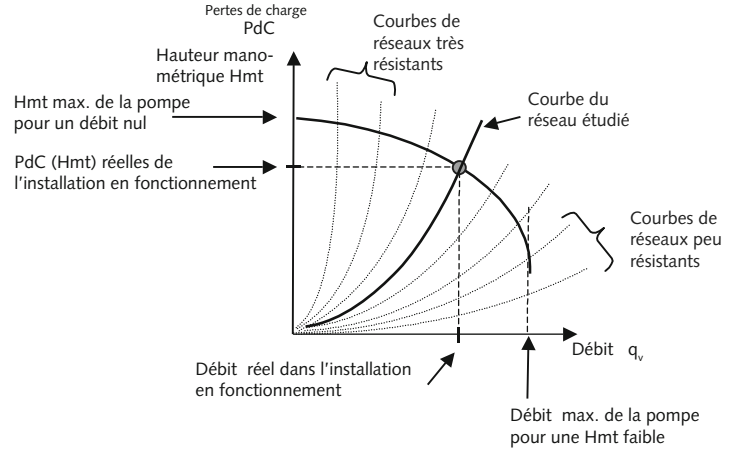
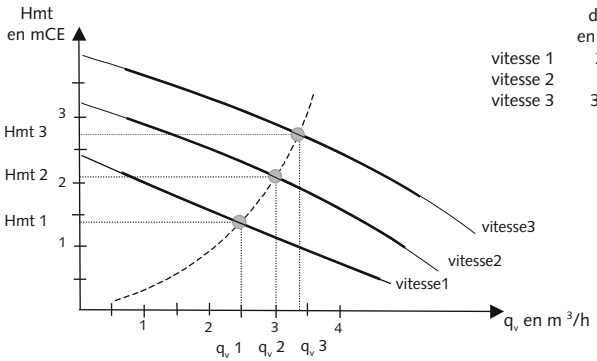


Figure 3.34 – Évolution des pertes de charge en fonction du débit

Ainsi, si l'on prend par exemple une installation particulière équipée d'un circulateur, l'intersection de la courbe réseau (qui caractérise l'installation) et de la courbe de pompe déterminera le point de fonctionnement de l'ensemble réseau-pompe (point gris sur la figure 3.34).

□ **Coefficient Z de la courbe de réseau**

À partir d'une seule mesure effectuée sur le manomètre situé sur l'installation (manomètre du circulateur, se reporter à la figure 3.69), on peut calculer le coefficient qui caractérise cette courbe de réseau (figure 3.35). Ce coefficient sert à recalculer le débit en fonction de la hauteur manométrique ou, la hauteur manométrique en fonction du débit dans l'installation. On peut donc prévoir à l'avance qu'elle sera la perte de charge dans l'installation si on fait varier le débit.



	débit en m³/h	Hmt = Z . q en mCE
vitesse 1	2,5	1,42
vitesse 2	3	2,05
vitesse 3	3,45	2,70

Figure 3.35 – Évolution du point de fonctionnement sur un circulateur à trois vitesses

On peut ainsi calculer le coefficient caractéristique du réseau :

$$Z = \frac{\Delta P}{q^2} = \frac{2{,}05}{3^2} = 0{,}2277$$

À partir de cette valeur de Z, on peut recalculer la valeur des pertes de charge de l'installation en fonction du débit (remplacement d'une pompe, augmentation de la puissance de l'installation et donc du débit…).

Exemple

Si on désire un débit de 4 m³/h dans cette installation, les pertes de charge seront de :

$$PdC = 0{,}2277 \times 4^2 = 3{,}64 \text{ mCE}$$

Il faudra choisir une pompe dont la courbe passe par ce point de fonctionnement (q_v = 4 m³/h – Hmt = 3,64 mCE).

Pour plus de précision dans le calcul, si le circulateur possède 3 vitesses, on effectuera plusieurs mesures et plusieurs calculs pour trouver une valeur plus précise du coefficient caractéristique du réseau, en effectuant une moyenne des valeurs trouvées, afin de limiter l'influence des erreurs de mesure.

Une méthode plus mathématique consistera à utiliser le calcul suivant :

- on effectue une mesure de perte de charge (PdC_1) pour un débit donné (q_{v1}) ;
- pour connaître la perte de charge (PdC_2) au débit souhaité (q_{v2}), on utilisera la formule suivante :

$$PdC_2 = PdC_1 \times \left(\frac{q_{v2}}{q_{v1}}\right)^2$$

Exemple

Si la perte de charge du réseau est de 1,42 mCE pour un débit de 2,5 m³/h, la perte de charge (PdC_2) pour un débit de 3,45 m³/h sera de :

$$PdC_2 = 1{,}42 \times \left(\frac{3{,}45}{2{,}5}\right)^2 = 2{,}70 \text{ mCE}$$

Attention

Cette courbe de réseau caractérise l'installation **à un moment donné**. Si on modifie l'installation (ouverture ou fermeture de vanne manuelle ou thermostatique, modification de l'installation, embouage…), la courbe de réseau va être modifiée :
– Si des vannes se ferment sur l'installation, ou en cas d'embouage : l'eau va circuler plus vite dans le reste de l'installation, les pertes de charge vont augmenter et le réseau va devenir plus résistant.
– Au contraire, si des vannes s'ouvrent, l'eau aura plus de facilités pour s'écouler, les pertes de charge vont diminuer, le réseau va devenir moins résistant.
Le point de fonctionnement peut donc varier durant le fonctionnement de l'installation.
L'étude, la conception et le choix des accessoires hydrauliques permettent de limiter l'évolution du point de fonctionnement pour éviter que le réseau ne devienne trop résistant, ce qui augmenterait la consommation électrique de la pompe.

□ **Courbe de réseau circuit ouvert**

Il faut noter que pour un circuit ouvert, la courbe de réseau (figure 3.36) ne passe pas forcément par le zéro. Par exemple, si on considère une installation de pompage qui alimente un réservoir situé 10 m au-dessus, lorsque la pompe fournit une pression inférieure à 10 mCE, le débit sera nul car l'eau ne sortira pas de la tuyauterie.

L'eau ne circulera dans l'installation que lorsque la pression fournie par la pompe est supérieure aux 10 mCE nécessaires pour compenser la hauteur géométrique de l'installation.

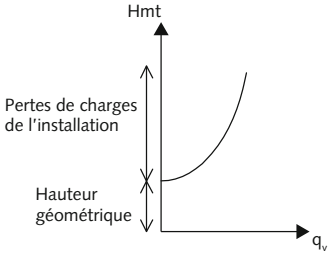
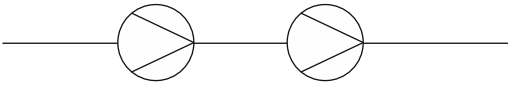


Figure 3.36 – Courbe du réseau circuit ouvert

11.7 Montage série – parallèle

■ Montage en série



Lorsque l'on monte plusieurs pompes identiques en série, le débit théorique au refoulement ne change pas et la pression maximum théorique est doublée (lorsque les pompes sont identiques), c'est le principe des pompes multicellulaires.

Les pompes monocellulaires ne sont montées en série que pour des applications très particulières (industrie, filtration...).

Dans la pratique, si l'on monte deux pompes en série, le point de fonctionnement va se décaler, le débit et la hauteur manométrique vont augmenter (se reporter au paragraphe précédent, « Courbes de réseau »).

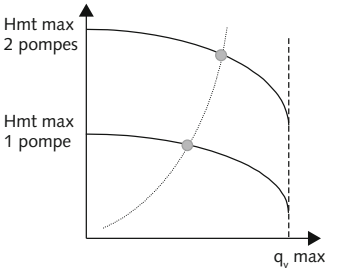
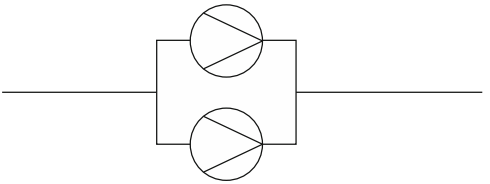


Figure 3.37 – Montage en série

■ Montage parallèle



Lorsqu'on monte plusieurs pompes identiques en parallèle, la pression théorique au refoulement ne change pas et le débit maximum augmente.

Ce type de montage permet de faire varier le débit de l'installation par la mise en marche successive de pompes identiques selon les besoins (fonctionnant en cascade). Chaque pompe sera équipée d'un clapet anti-retour ou d'une électrovanne pour éviter la circulation parasite d'eau dans les pompes à l'arrêt.

Dans la pratique

On se rend compte sur la figure 3.36 que la variation de débit dépend de la courbe de réseau (réseau très résistant ou peu résistant), le débit n'est pas doublé.

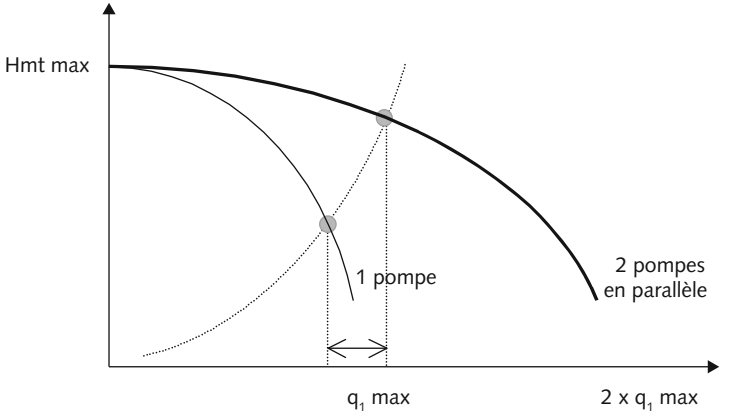


Figure 3.38 – Montage en parallèle

On considère que la variation de débit est de 20 à 40 % en fonction de l'allure des courbes de pompes et de la courbe de réseau.

Pour les circulateurs doubles de chauffage (figure 3.46) et pour les pompes d'assainissement, l'utilisation de pompe en parallèle permet souvent d'assurer le secours en cas de panne de l'une des deux pompes, on a un fonctionnement alterné (l'une ou l'autre), dans ce cas la courbe reste identique.

11.8 Rendement et choix des courbes

Le rendement d'une pompe dépendra principalement de la position du point de fonctionnement. Il devra se situer dans la partie centrale grisée de la courbe de la figure 3.39, car c'est dans cette zone que le rendement est le meilleur.

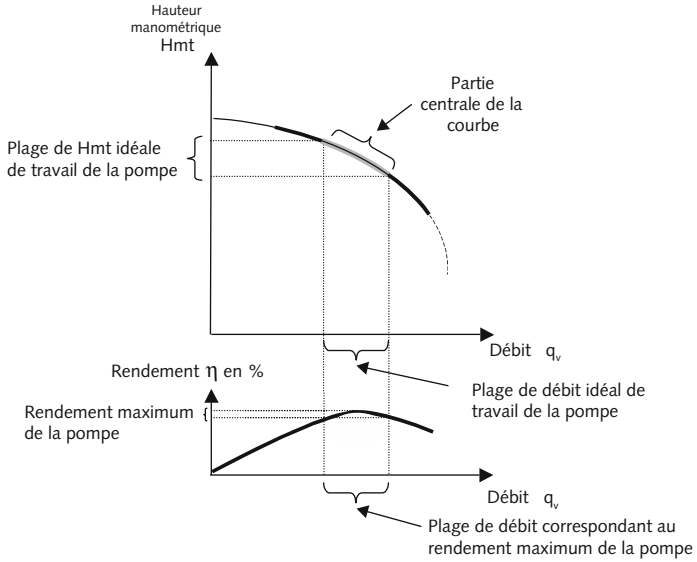


Figure 3.39 – Courbe caractéristique d'une pompe

Il est possible de calculer le rendement réel d'une pompe à partir de relevés hydrauliques et électriques effectués sur l'installation, mais les mesures restent peu précises et les calculs présentent une marge d'erreur importante.

L'utilisation de la méthode graphique ci-dessus reste la plus efficace, on se reportera aux courbes caractéristiques fournies par les constructeurs.

11.9 Cavitation – NPSH

La cavitation est un phénomène important dans le choix d'une pompe. Sous l'effet de la baisse de pression, l'eau se vaporise à l'aspiration de la pompe, ce qui provoque localement des variations de pression importantes qui vont provoquer du bruit et endommager la pompe (destruction de la volute).

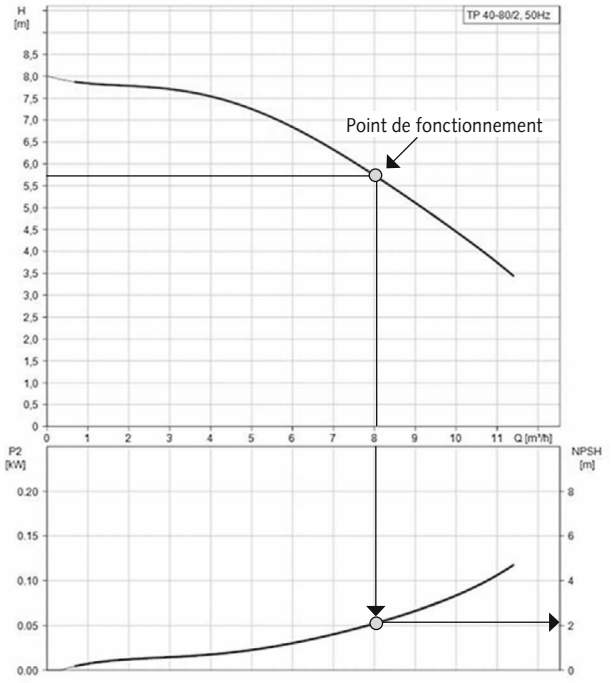


Figure 3.40 – Pompe monocellulaire TP 40-80/2 GRUNDFOS

NPSH est l'abréviation de *Net Positive Suction Head*. Il représente la mesure de la différence entre la pression du liquide et la pression de

vapeur saturante ; c'est la pression minimale nécessaire à l'aspiration de la pompe pour éviter la saturation.

On entend parfois un bruit de gravier dans la pompe et parfois même des coups de marteau. Il est possible de déterminer le NPSH sur les courbes de pompes. Le NPSH dépend de la nature du liquide, de la température et du débit. Dans l'exemple ci-dessus, pour un point de fonctionnement (5,75 m, 8 m^2), la NPSH est de 2 m.

En cas de cavitation dans une installation, il faut :

- augmenter la pression à l'aspiration (en réduisant les pertes de charges) ;
- diminuer le débit.

Mais la meilleure solution reste le bon dimensionnement de la pompe.

Il faut que la pression à l'aspiration soit toujours supérieure de 0,5 m à la valeur NPSH :

Pression à l'aspiration > NPSH + 0,5 m

11.10 Caractéristiques électriques des pompes et circulateurs

Comme les appareils électroménagers, les circulateurs de chauffage ont fait l'objet en 2005 d'un classement en fonction de leur consommation électrique (classement de A à G). Ainsi, un circulateur de label A consommait jusqu'à 80 % d'énergie en moins qu'un circulateur de label D (un circulateur domestique de label D consommait jusqu'à 550 kWh par an (sur la base d'une saison de chauffage de 285 jours) alors qu'un circulateur domestique de label A ne consommera que 115 kWh par an).

Le remplacement d'un circulateur permet de réaliser plus d'économies d'électricité que le remplacement d'un réfrigérateur. Le retour sur investissement est rapide, entre deux et quatre ans (source Grundfos).

L'apparition du label énergie en 2005 a permis de classer les circulateurs en fonction de leurs performances énergétiques (selon l'Association européenne des fabricants de pompes Europump, les circulateurs utilisent jusqu'à 15 % de l'électricité consommée dans un foyer européen moyen). Comme il se vend environ 14 millions de circulateurs chaque année en Europe, les circulateurs de chauffage représentent une consommation d'environ 50 TWh (source Journal officiel VE du 23 juillet 2009).

Cette classification ainsi que la réglementation thermique 2005 puis celle de 2012 et la prise de conscience des utilisateurs sur la nécessité de réduire les consommations d'énergie ont, ces dernières années, profondément fait évoluer la conception d'une installation de chauffage. Des circu-

lateurs à vitesse fixe (circulateurs classiques), on est passé aux circulateurs à pression proportionnelle, aux circulateurs à pression constante, puis au fonctionnement auto-adaptatif du circulateur.

Dans le but de réduire de 20 % nos consommations électriques à l'horizon 2020, la réglementation a continué d'évoluer.

■ Pompes et circulateurs à rotor noyé (sans presse-étoupe)

- Depuis le 1er janvier 2013, l'indice d'efficacité énergétique (IEE ou EEI) doit être inférieur ou égal à 0,27, ce qui correspond aux meilleurs circulateurs de l'ancienne classe A.
- Depuis le 1er août 2015, on doit avoir IEE ≤ 0,23 pour tous les circulateurs à rotor noyé intégrés à des systèmes (chaudières, PAC, systèmes solaires…).
- En 2020, les circulateurs destinés au remplacement des circulateurs intégrés dans tous les générateurs de chaleur ou de climatisation devront avoir IEE ≤ 0,23, à l'exception des circulateurs destinés à l'eau chaude sanitaire.

Les circulateurs qui ont une IEE ≤ 0,20 sont considérés comme les plus performants.

■ Pompes et circulateurs à moteur ventilé

Dans les installations de chauffage, de climatisation, de distribution d'eau, de surpression, de relevage des eaux usées…, il est défini un indice d'efficience énergétique des moteurs des pompes (IE).

- Depuis le 16 juin 2011, tous les nouveaux moteurs électriques doivent respecter la classe énergétique IE2 ; ceux de la classe IE1 sont interdits en Europe.
- Depuis le 1er janvier 2015, les moteurs d'une puissance nominale comprise entre 7,5 et 375 kW doivent être de classe IE3, ou IE2 + variation électronique de vitesse (VEV). Les autres doivent être de classe IE2.
- Depuis le 1er janvier 2017, tous les moteurs de 0,75 à 375 kW doivent être IE3 ou IE2+VEV.

La différence de rendement entre des pompes de classes IE1 et IE3 varie entre 1,5 % (pour les grandes puissances) et 8,9 % (pour les petites puissances).

Attention

Dans l'ancienne classification, les moteurs EFF1 étaient les plus performants, et les EFF3 les moins performants. Dans la nouvelle classification, c'est le contraire : les IE1 sont les moins performants et les IE3 les plus performants.

Ces évolutions réglementaires ont comme conséquences :
- la disparition progressive des circulateurs à trois vitesses ;
- la systématisation des circulateurs à pression variable ou à pression constante ;
- de considérables économies d'énergie qui peuvent aller jusqu'à 90 % par rapport aux anciennes pompes.

Cela influence fortement la manière de concevoir les installations.

11.11 Les différents modèles de pompes

■ Pompes monocellulaires : rotor noyé – moteur ventilé

Un moteur électrique est composé de deux parties :
- un stator (composés d'enroulement électrique fixes qui vont créer un champ magnétique mobile) ;
- un rotor ; sous l'effet du champ magnétique, il va tourner et entraîner l'arbre et la roue mobile de la pompe.

Pour refroidir un moteur électrique, il existe principalement deux solutions :
- refroidir le moteur grâce au fluide pompé, c'est le **rotor noyé ;**
- refroidir le moteur grâce à l'air environnant, c'est le **moteur ventilé.**

□ Rotor noyé

La technologie du rotor noyé est utilisée principalement dans les circulateurs. Une partie du fluide qui circule passe dans une chemise étanche autour du rotor pour limiter son échauffement (dans les installations de chauffage, l'eau à 80 °C limite l'échauffement du moteur qui peut supporter des températures dépassant les 120 °C).

Le circulateur à rotor noyé demande peu d'entretien et peut fonctionner plusieurs dizaines d'années (il reste moins bruyant qu'un moteur ventilé) (figure 3.41).

Figure 3.41 – Pompe CIC à rotor noyé, GRUNDFOS

Dans la pratique

Lorsque la volute se bloque (le joint d'étanchéité de l'axe se bloque, on parle de gommage), il faut pour la débloquer enlever, à l'aide d'un tournevis plat large, le bouchon situé dans l'axe du rotor (visible au centre de la photo de la figure 3.40) puis tourner l'axe.
Attention : En enlevant le bouchon, l'eau chaude sous pression va couler.
Aujourd'hui, les fabricants de chaudières ont inclus dans leur fonctionnement des programmes antigommage de la pompe qui fait tourner le circulateur quelques secondes tous les jours même en été lorsque la pompe chauffage n'est pas sollicitée.

☐ **Moteur ventilé**

Le moteur est refroidi par un « ventilateur » placé sur l'axe du moteur à l'extrémité opposée de la pompe, le ventilateur refroidi le moteur à ailettes (surface d'échange plus grande) en utilisant l'air de la pièce. Les constructeurs préconisent une température d'air maximale pour assurer le bon refroidissement du moteur (figure 3.42).

Figure 3.42 – Pompe TP à moteur ventilé, GRUNDFOS

Dans la pratique

Pour débloquer la pompe, il faut « lancer » le moteur en poussant les ailettes en plastique du ventilateur à l'aide d'un tournevis, en faisant attention de ne pas les casser (pour rendre l'opération plus facile, on peut enlever le cache de protection du ventilateur).
Les moteurs ne tournent pas :
– lorsqu'il y a gommage (il faut forcer pour le débloquer) puis il faudra envisager le remplacement de la pompe ou sa réparation ;
– lorsque le condensateur est défectueux ; dans ce cas, il se « lance » facilement mais ne tourne pas après chaque arrêt du moteur. Il faut remplacer le condensateur.

■ Pompes en ligne ou pompe axiale

Une pompe est dite en ligne (*in line*) lorsque l'orifice d'aspiration et l'orifice de refoulement sont situés sur le même axe, ce qui facilite le raccordement sur la tuyauterie. C'est le cas des circulateurs de chauffage (figure 3.43).

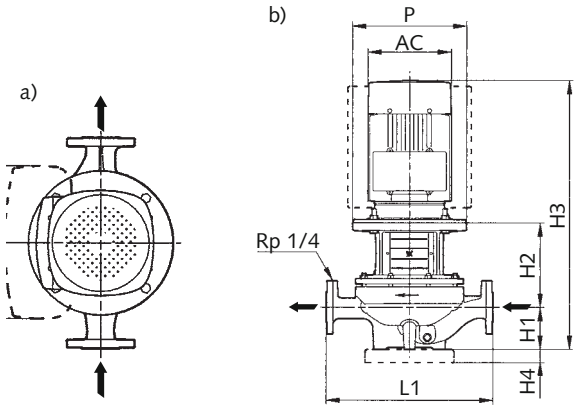


Figure 3.43 – Pompe TP en ligne,
vue de côté (b) et de dessus (a), GRUNDFOS

Le sens de l'eau est toujours marqué par une flèche. L'eau entre dans la pompe par la tuyauterie qui arrive au centre de la volute et ressort par celle du collecteur situé autour de la volute.

Les pompes axiales sont les pompes dont l'aspiration est axiale (au centre de la roue, dans l'axe du moteur) et le refoulement radial. Elles sont généralement plus compactes, et peuvent reposer sur le sol (figure 3.44).

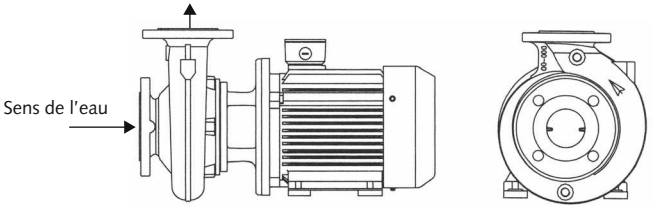


Figure 3.44 – Pompe axiale NB Grundos

■ Pompes multicellulaire ou à étage

Lorsque l'on veut augmenter la pression à la sortie d'une pompe sans

augmenter son diamètre, il suffit de monter en série plusieurs roues de petit diamètre pour obtenir la pression voulue, on parle de pompes multicellulaires ou à étage. Ce type de pompe est utilisé pour (figure 3.45) :

- les pompes à haute pression des nettoyeurs haute pression ; elles permettent d'atteindre dans ce cas des pressions de 100 à 200 bar avec un débit faible ;
- les pompes immergées profondes qui nécessitent une Hmt importante afin de remonter l'eau à la surface.

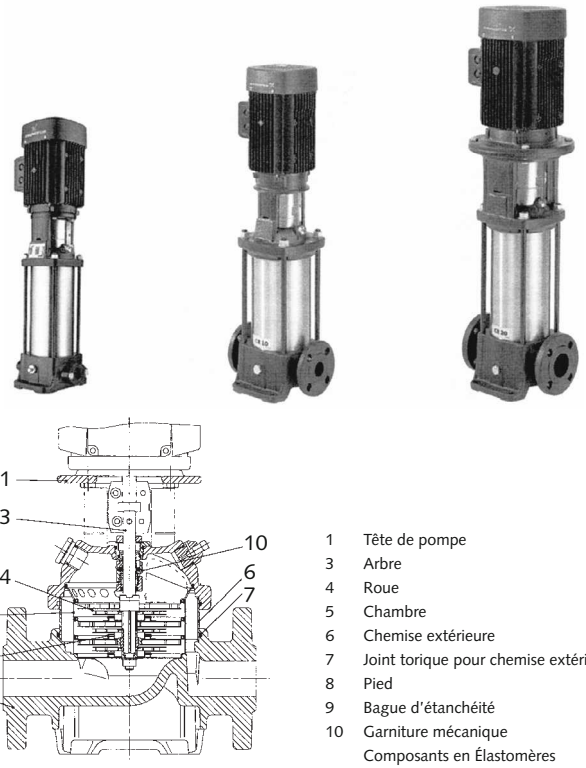


Figure 3.45 – Pompe multicellulaire CRE GRUNDFOS

■ Pompes à moteur séparé

Les pompes à moteur séparé sont des pompes de forte puissance, on les utilise sur de grosses installations de génie climatique (figure 3.46) ; ce sont des pompes puissantes.

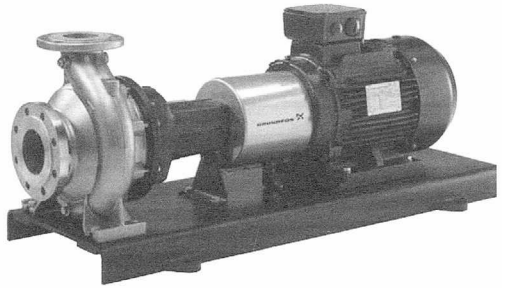


Figure 3.46 – Pompe NK à moteur séparé GRUNDFOS

■ Systèmes à courroie

Il existe différentes manières de positionner les courroies.

Le diamètre de la poulie motrice se détermine par la formule suivante :

$$Dm = 1{,}03 \times Dp \times \frac{vp}{vm}$$

avec :

Dm : diamètre de la poulie moteur ;

Dp : diamètre de la poulie pompe ;

vm : vitesse de rotation du moteur en tours par minute ;

vp : vitesse de rotation de la pompe en tours par minute.

Pour rappel, la vitesse de rotation de la volute détermine les caractéristiques de pression et de débit de la pompe.

☐ **Pompes à axe horizontal**

Il faut veiller à ce que l'arbre du moteur et l'arbre de la pompe soient parfaitement parallèles pour que les poulies soient alignées, ce qui évite l'usure des courroies (figure 3.47).

Il ne faut pas dépasser un rapport de transmission de 6 à 7 (rapport entre les diamètres des deux poulies).

La distance entre les axes des poulies doit être d'au moins trois fois le diamètre de la plus grande. Les poulies et les courroies doivent être protégées de tout contact accidentel.

Pour faciliter le réglage de l'alignement des poulies, on montera le moteur sur des rails réglables.

On évitera les montages avec des courroies verticales ou croisées, il faudra veiller à ce que le brin tendu soit situé au-dessous.

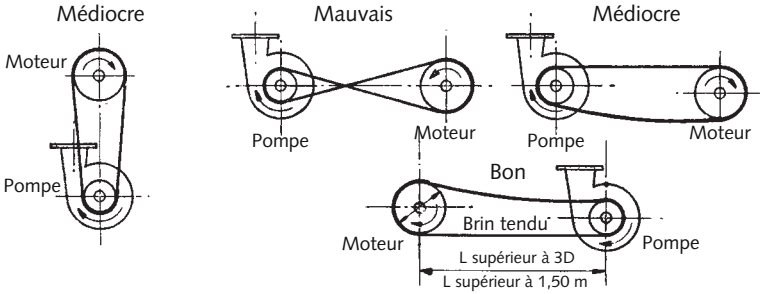


Figure 3.47 – Montage de courroie sur une pompe à axe horizontal

☐ **Pompe à axe vertical**

Une pompe à axe vertical commandée par un moteur à axe horizontal exige l'emploi d'une courroie demi-croisée. Il faudra procéder à l'ajustage selon la figure 3.48, c'est-à-dire placer les poulies de façon que la courroie les aborde perpendiculairement à l'axe. La courroie quittera les poulies en biais.

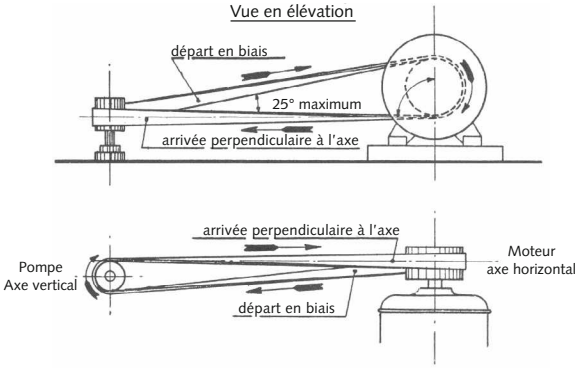


Figure 3.48 – Montage de courroie sur une pompe à axe vertical

■ Pompes doubles

L'utilisation des pompes doubles (figure 3.49) dans les circuits fermés se fait principalement dans le but d'assurer une continuité de service (une tête fonctionne en continu, l'autre est en secours).

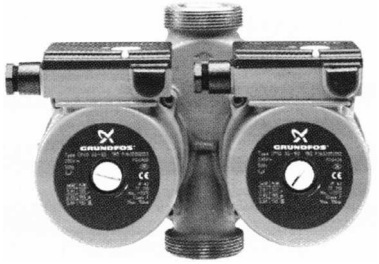
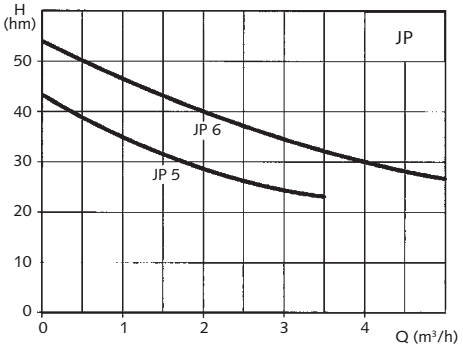


Figure 3.49 – Circulateur double UPSD GRUNDFOS

■ Pompes auto-amorçantes

Les pompes auto-amorçantes sont souvent de petites pompes domestiques destinées à un usage ponctuel (arrosage des jardins, vidange d'une piscine...). Pour éviter la procédure d'amorçage de la pompe à chaque utilisation (remplissage complet de la tuyauterie d'aspiration, purge d'air...), les constructeurs ont fabriqué des pompes auto-amorçantes (figure 3.50).

JP avec Presscontrol



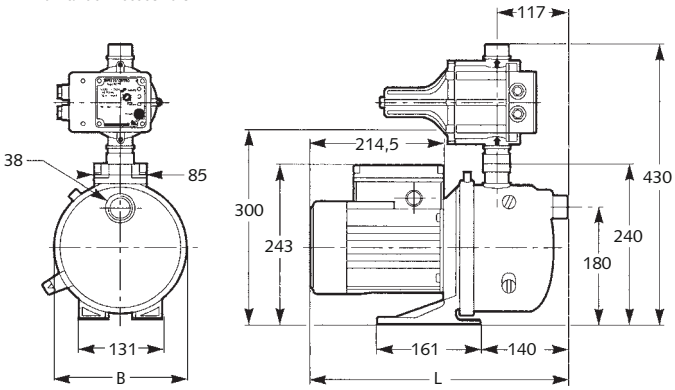


Figure 3.50 – Pompe auto-amorçante JP GRUNDFOS

L'auto-amorçage est la capacité de la pompe à créer dans la tuyauterie d'aspiration un vide suffisant pour faire monter le liquide pompé. La conception de la roue et du corps de pompe permet un recyclage de l'eau pompée à l'intérieur de la pompe jusqu'à ce que la tuyauterie d'aspiration soit entièrement remplie d'eau, cet amorçage peut durer plusieurs minutes.

La procédure d'amorçage consiste simplement à remplir le corps de pompe d'eau (moins de 1 l) afin de lubrifier et refroidir la pompe pendant la phase d'amorçage.

Ce recyclage d'eau à l'intérieur de la pompe la rend un peu plus bruyante et diminue ses performances techniques.

Elles peuvent s'installer en poste fixe ou portatif, principalement pour une utilisation au jardin.

12 Les différents types d'utilisations des pompes

On trouvera principalement trois types d'installations :

- les installations de puisage, distribution d'eau et maintien de pression
- les installations d'assainissement et d'évacuation des eaux pluviales
- les installations en circuit fermé : circulateurs de chauffage, d'eau chaude sanitaire, d'eau glacée…

12.1 Puisage – distribution d'eau – maintien de pression

Il existe différentes manières de réaliser une installation de puisage et de distribution d'eau.

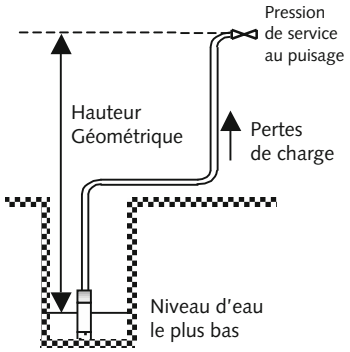


Figure 3.51 – Puisage d'eau – pompe immergée

■ Critères de choix

Le choix d'un type de pompe s'effectuera en fonction de 4 critères principaux :

1. La hauteur manométrique d'aspiration :

- inférieure à 7 m : pompe rotative ou pompe volumétrique ;

- de 7 à 8,50 m : pompe volumétrique à élément tournant ou pompe centrifuge à amorçage automatique ;
- de 8 à 25 m : pompes centrifuges immergées ou hydro-éjecteur ;
- plus de 25 m : pompe de puits profond.

Rappel : En altitude, la perte de hauteur d'aspiration est d'environ 0,12 m pour 100 m.

2. La nature du liquide à pomper :

- eau sableuse : pompe centrifuge sans amorçage automatique ;
- eau chaude : lorsque la température de l'eau augmente, l'eau se vaporise plus facilement dans la tuyauterie d'aspiration, en conséquence, on réduira d'environ 10 % les hauteurs d'aspiration calculées ;
- Pour les liquides particuliers (eau très calcaire, eau de mer, purin, huile…), il convient de se renseigner auprès des fabricants sur la compatibilité des modèles proposés.

3. Le prix d'achat et le coût de la maintenance

Le prix d'achat ne doit pas être le seul critère. Le coût de la maintenance reporté sur plusieurs années doit aussi être pris en compte. Un particulier préférera acheter une pompe performante sur laquelle il n'aura pas de maintenance à faire, une collectivité pourra acheter une pompe de qualité, mais devra quand même effectuer une maintenance pluriannuelle pour assurer une continuité de service.

Il faudra comparer le prix d'achat, le coût de la maintenance et la durée de vie du modèle choisi pour pouvoir définir son coût d'amortissement annuel.

4. Le débit et la hauteur manométrique totale suffisante

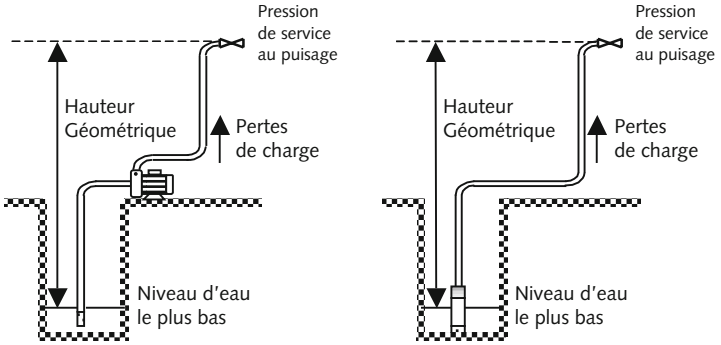
Une fois le type de pompe choisi, il faudra trouver le modèle dont le débit correspond au tiers de la consommation journalière et qui vérifie les conditions suivantes (figure 3.51) :

Hmt = Hauteur géométrique + PdC + Pression de service – Pression de charge

- **Hauteur géométrique :** hauteur entre le niveau d'aspiration de la pompe et le point de puisage le plus élevé.
- **Pertes de charge :** total des pertes de charge des tuyauteries d'aspiration et de refoulement et de tous les accessoires (pertes de charge linéaire et singulières).
- **Pression de service :** pression minimum au point de puisage :
  - 0,3 bar minimum pour un appareil sanitaire ;

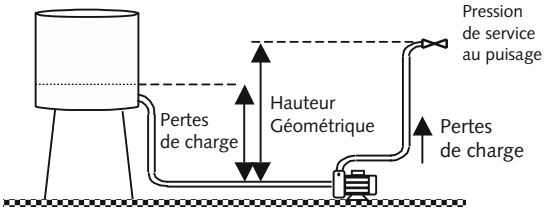
- 1 bar minimum à l'entrée d'un appartement ;
- 1 à 2 bar pour un mitigeur ;
- 1 à 3 bar pour un mitigeur thermostatique ;
- 1 à 5 bar pour un arrosage…

- **Pression de charge :** pression due à la différence de niveau entre le réservoir et la pompe lorsque le réservoir est situé au dessus de la pompe (1 bar pour 10 m de hauteur d'eau).



Pompe de surface

Pompe immergée



Pompe en charge

Figure 3.52 – Conditions de fonctionnement

Exemple

Si l'on souhaite alimenter une maison de deux étages par l'installation de la figure 3.49, on aura :
– Hauteur géométrique : 8 m.
– Pertes de charge : 3 m CE.
– Pression de service 2,5 bar.
On aura :

$$Hmt = 0,8 + 0,3 + 2,5 = 3,6 \text{ bar}$$

Si la consommation journalière est de 600 l/jour, on choisira un débit correspondant au tiers de cette valeur, soit 200 l/h.
La pompe devra avoir comme point de fonctionnement :
3,6 bar – 200 l/h.

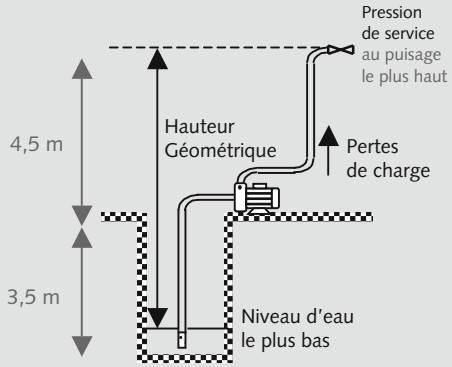


Figure 3.53

■ Pompes de surface

Elles restent accessibles facilement, la tuyauterie d'aspiration est fixe ou mobile (flexible annelé), un clapet anti-retour est situé sur la crépine d'aspiration pour éviter le désamorçage de la pompe. Ce sont des pompes ayant une gamme de prix très large (quelques dizaines d'euros à plusieurs centaines d'euros) en fonction des performances souhaitées (débit, Hmt, durée de vie…).

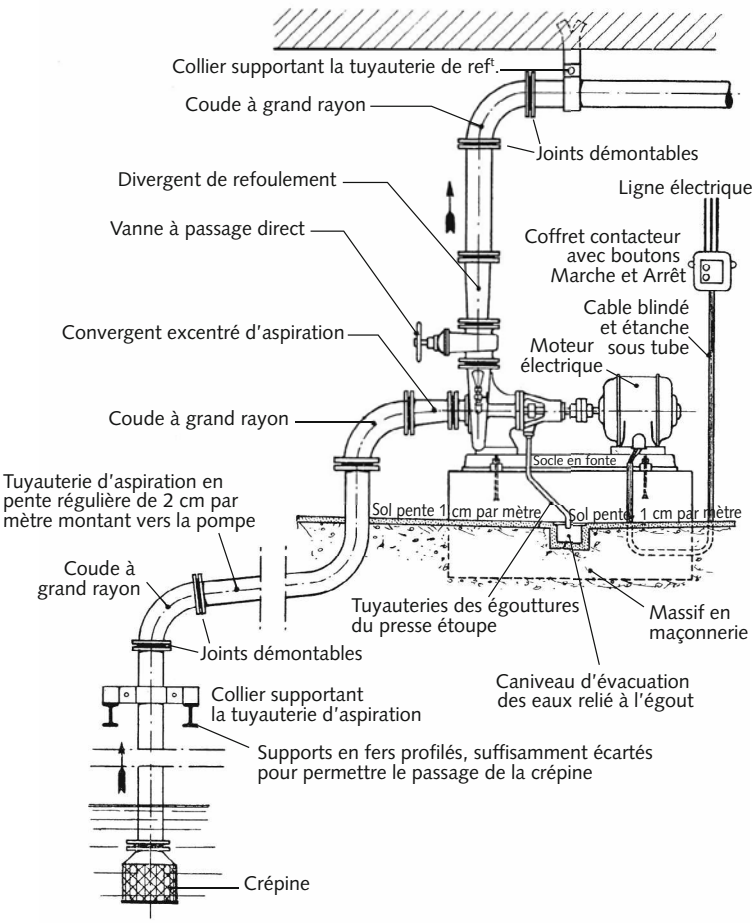


Figure 3.54 – Schéma général d'installation d'une pompe centrifuge à moteur séparé

☐ Incidents de fonctionnement sur les pompes de surface

- **Impossible d'amorcer :** si l'eau disparaît, c'est-à-dire si l'on n'arrive pas à remplir la tuyauterie d'aspiration, c'est qu'il y a une fuite sur la tuyauterie ou que la crépine ferme mal. Parfois, des coups frappés sur la tuyauterie d'aspiration permettent de dégager le corps étranger logé sur le siège de la crépine, ou de débloquer le clapet.
- **Amorçage manqué :** il y a généralement des entrées d'air sur la tuyauterie d'aspiration qui désamorcent la pompe. Il faut quand même vérifier si les calculs ont été bien faits et si la hauteur d'aspiration n'est pas trop grande (ce qui provoque le phénomène de cavitation).
- **Débit insuffisant :** les causes peuvent être multiples :
  - mauvais calcul, les pertes de charge sont trop importantes ;
  - un chiffon, de la terre, des feuilles bouchent le clapet de la crépine ;
  - pour les moteurs triphasés, il faut vérifier si le moteur tourne dans le bon sens (se reporter au chapitre 17 sur l'électricité).
- **Débit irrégulier (pulsatoire) :** une petite entrée d'air à l'aspiration ou au presse-étoupe vient perturber le fonctionnement de la pompe.
- **Fuite au presse-étoupe :** la grande majorité des pompes présentent une étanchéité complète sur l'arbre moteur ; certains modèles encore munis de presse-étoupe nécessitent un entretien, dans ce cas, il faut refaire la garniture du presse-étoupe ou le resserrer.
- **Bruit exagéré :** une pompe qui tourne fait normalement du bruit, mais un bruit excessif est le signe d'un dysfonctionnement, il faudra en identifier la cause :
  - présence d'un corps étranger dans le corps de pompe (cliquetis) ;
  - usure du mécanisme de la pompe (roulements…).
- **Cavitation :** la pression à l'aspiration de la pompe est trop basse (dépression importante) et l'eau se vaporise dans le corps de pompe (bruit de coups de marteau ou de scie), il faut reprendre les réglages de l'installation sous peine de détruire la volute de la pompe.
- **Échauffement anormal :** les températures de fonctionnement sont données par les constructeurs, il arrive que des pièces mécaniques chauffent anormalement ou que le moteur présente une surchauffe. Dans ces deux cas, il y a lieu de se reporter aux indications du constructeur de la pompe. On pourra effectuer ce contrôle grâce à la thermographie (caméra thermique) en maintenance préventive (elle consiste à effectuer des images thermiques régulières des pompes afin d'identifier une modification dans leur fonctionnement).

■ Pompes immergées

Les pompes immergées ont remplacé les pompes à arbre en ligne (moteur en surface relié à la roue située au fond du puits par un arbre de transmission) car elles offrent de bien meilleures performances. Le corps de pompe est toujours immergé et refroidi par l'eau du puits.

Ce sont des pompes multicellulaires de faible diamètre qui permettent de réaliser des forages de taille réduite. Il faut prévoir un système de levage pour remonter la pompe et sa tuyauterie.

Elles sont généralement moins bruyantes que les pompes de surface (du fait de leur éloignement).

On trouvera principalement deux types d'étanchéité :

- Étanchéité par résines : elle permet une très bonne étanchéité, l'eau circule entre le rotor et la chemise et permet un bon refroidissement, mais en cas de surchauffe, elle ne permet pas la réfection du bobinage du moteur car celui-ci est noyé dans la résine, il faut dans ce cas changer la pompe.
- Étanchéité par bain d'huile : l'huile assure étanchéité et le refroidissement du moteur, elle est utilisée pour les fortes puissances et nécessite un contrôle périodique. Elle permet la réfection du bobinage du moteur en cas de surchauffe.

■ Surpresseurs

Les surpresseurs permettent de créer une pression dans une installation de distribution qui sera comprise entre une valeur haute (maximale) et une valeur basse (minimale). Le fonctionnement de la pompe est géré par un pressostat différentiel, l'eau est stockée dans un réservoir sous pression contenant de l'air.

Il est possible de faire :

- une surpression directe : du réseau vers le bâtiment, lorsque la pression du réseau n'a pas la puissance pour alimenter les étages supérieurs ;
- une surpression à partir d'une bâche de rupture : lorsqu'il n'est pas possible d'aspirer l'eau du réseau (réseau ancien, débit insuffisant…), on utilise un réservoir tampon entre le réseau et le surpresseur ;
- une surpression par réservoir en toiture : le réservoir en toiture permet de garantir l'alimentation minimum en eau en cas de coupure électrique ;
- une surpression par zone : lorsque le bâtiment est un immeuble de grande hauteur (IGH), on divisera le bâtiment en plusieurs zones, chaque zone sera gérée par un système de surpression.

Attention

Il est parfois interdit d'effectuer un puisage direct sur le réseau car, lorsque la pompe se met en marche, cela fait baisser la pression sur le réseau. Cela défavorise les autres abonnés et cela risque de créer une aspiration d'eau polluée dans le réseau.

On distinguera principalement deux types de surpresseurs :

- les surpresseurs à réservoir ouvert (sans membrane) ;
- les surpresseurs à réservoir fermé (à membrane ou à vessie).

□ Principe général

L'eau puisée par la pompe est refoulée dans un réservoir en tôle, elle comprime l'air qui s'y trouve jusqu'à une pression haute définie par la régulation, la pompe s'arrête. Lorsqu'on ouvre un robinet de puisage, l'eau s'écoule sous l'effet de la pression fournie par l'air comprimé, la pression baisse progressivement jusqu'à atteindre la valeur de pression basse définie par la régulation, la pompe se remet en marche. La pression dans l'installation variera donc entre deux valeurs (minimale et maximale).

Il faudra dimensionner correctement le volume du réservoir tampon pour éviter une mise en marche trop fréquente du moteur. En effet, les moteurs des pompes chauffent au démarrage. Si le nombre de démarrages est trop fréquent, le système de refroidissement ne permet pas de maintenir une température acceptable dans le moteur, il y aura usure prématurée du moteur. Chaque constructeur précise le nombre acceptable de démarrages par heure en fonction des modèles.

Ou trouve aussi aujourd'hui des systèmes de surpression à pression constante.

Dans certains cas, on prévoira une pompe de secours pour garantir une continuité de service, on peut aussi prévoir parfois une pompe appelée pompe jockey pour compenser les fuites du réseau ou les soutirages à débit très faible, elle évite la mise en marche trop fréquente des pompes principales.

L'eau peut être puisée dans un réservoir ou directement sur le réseau si son fonctionnement ne met pas en dépression le réseau de distribution. Dans tous les cas, il conviendra de se renseigner auprès de la mairie ou du gestionnaire du réseau de distribution pour connaître les modalités de raccordement.

Les pompes étant des installations bruyantes, il faudra prendre les mesures nécessaires pour réduire la transmission du bruit dans le bâtiment.

☐ **Surpresseurs à réservoir ouvert**

Les surpresseurs à réservoir ouvert nécessitent un dispositif particulier qui renouvelle l'air contenu dans la cuve (figure 3.54). Ce dispositif injecte de l'air dans le réservoir. L'air étant soluble dans l'eau, il disparaît petit à petit du réservoir ; il faut le renouveler en permanence. Pour cela il existe différents moyens :

- vidange manuelle du réservoir pour reconstituer la réserve d'air ;
- installation d'un dispositif permettant l'apport d'air lors du fonctionnement de la pompe (injecteurs d'air) ;
- installation d'un compresseur d'air qui maintient une pression d'air défini par la régulation.

Ce dispositif est de nos jours peu utilisé pour les installations domestiques car elle constitue un apport d'oxygène dans les réseaux de distribution qui va favoriser la corrosion, mais on le trouve encore sur des installations d'arrosage. On préférera l'utilisation de réservoirs à membrane.

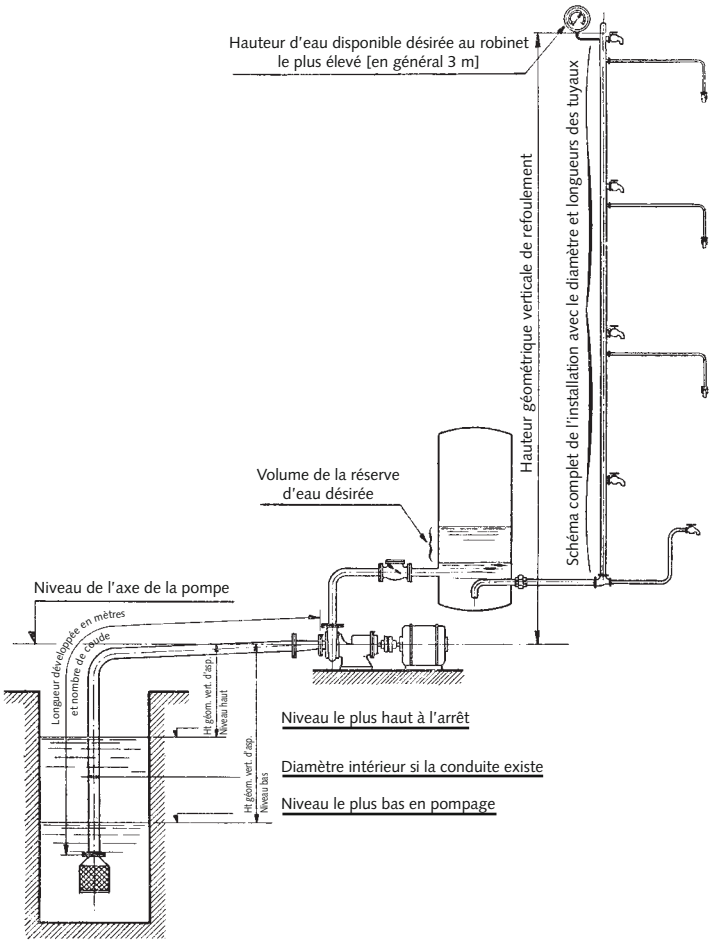


Figure 3.55 – Pompe refoulant dans un réservoir d'air sous pression. Caractéristiques à connaître pour déterminer les éléments de l'installation

□ Surpresseurs à réservoir fermé

Un réservoir à membrane permet la gestion de la mise en marche des pompes, il évite l'apport d'oxygène du réservoir ouvert (figure 3.56). La pression va varier entre une valeur maximale et une valeur minimale ; un pressostat permet la mise en marche et l'arrêt de la pompe.

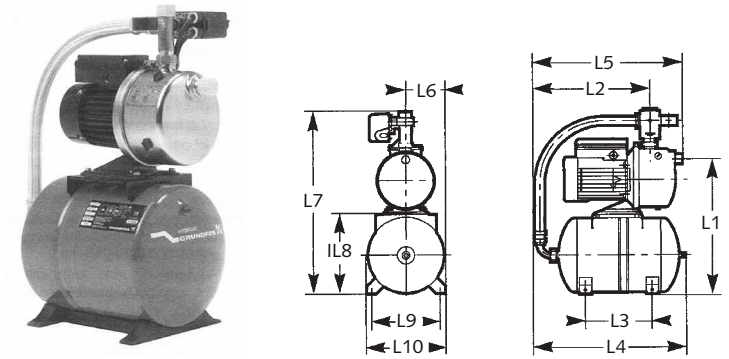


Figure 3.56 – Surpresseur JP Booster GRUNDFOS

La taille du réservoir tampon est très souvent définie par le constructeur en fonction des caractéristiques de la pompe.

Pour sélectionner un système de surpression, il faudra définir :

- la pression désirée,
- les pertes de charge du réseau,
- le débit maximal.

Les constructeurs proposent souvent dans leurs catalogues ou sur leurs sites internet des logiciels ou des guides permettant le dimensionnement des installations, on pourra consulter leurs sites internet.

■ Groupes de maintien de pression

Pour les installations plus importantes, on utilisera des groupes de maintien de pression constitués de plusieurs pompes montées en parallèle et d'un gestionnaire (généralement électronique) qui permettra la variation de débit dans l'installation en maintenant une pression constante (figure 3.57).

Il est possible d'avoir plusieurs groupes de maintien de pression dans un

même bâtiment. Les groupes de maintien de pression sont généralement livrés montés prêt à installer. Un ballon tampon est nécessaire. Les ballons tampons sont encadrés en pointillés sur la figure 3.58.

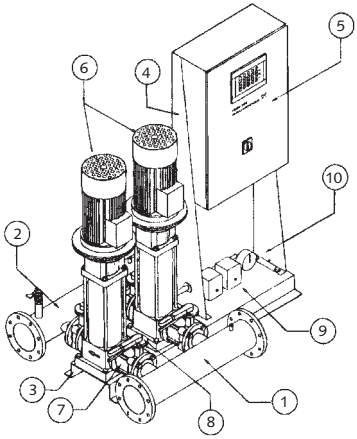


Figure 3.57 – Surpresseur Hygro 1 000 GRUNDFOS

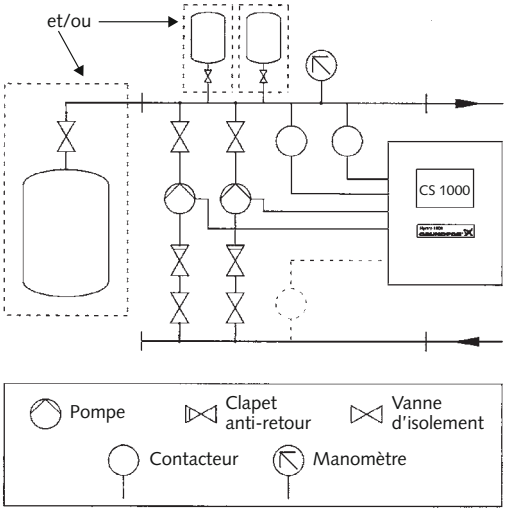


Figure 3.58 – Schéma de principe de l'installation

Il existe de nombreux systèmes en fonction des besoins, il conviendra de se renseigner auprès des constructeurs.

■ Gestion des eaux pluviales

La récupération des eaux pluviales se développe depuis quelques années (démarche écologique, économie d'impôt…). Elle peut servir pour l'arrosage du jardin, pour les WC, pour la machine à laver après traitement.

Certains systèmes permettent, lorsque la cuve est vide, de passer automatiquement sur le réseau d'eau potable pour alimenter la distribution habituellement raccordée sur la cuve d'eau pluviale.

Il doit exister un dispositif (disconnecteur) interdisant la mise en contact de l'eau pluviale avec l'eau du réseau d'eau potable.

Lorsque l'eau pluviale est utilisée pour l'alimentation des WC raccordés sur les réseaux de traitement des eaux usées, il est nécessaire de mesurer la quantité d'eau pluviale récupérée (à l'aide d'un compteur) et de déclarer cette quantité d'eau pour le calcul des taxes et redevances sur

l'assainissement prélevées par la société qui gère le réseau de distribution d'eau publique et d'assainissement.

Un exemple de dimensionnement d'un réservoir d'eau pluviale est donné au tableau 3.2.

12.2 Assainissement

■ Relevage des eaux usées

Les pompes sont souvent immergées, ce qui nécessite un système de levage et parfois des barres de guidage pour les modèles importants. On les trouve parfois en fosse sèche (installées à l'extérieur du bassin et reliées à celui-ci par une tuyauterie de raccordement, elles nécessitent un refroidissement particulier).

Selon la granulométrie du liquide pompé, on utilisera des roues à aube semi-ouverte, monocanal, multicanal, vortex... Il faudra dans ce cas utiliser les tableaux de sélection fournis par les constructeurs.

On trouvera différents types d'installations.

■ Pompes eaux usées

La position, le nombre de pompes, le fonctionnement de l'armoire de gestion et éventuellement la présence d'alarme dépendra de la taille de l'installation et des risques de pollution.

On pourra prévoir une seule pompe sur les installations domestiques. Sur les installations collectives, il faudra prévoir deux pompes pour assurer une continuité de service. Pour les installations présentant des risques de pollution, on installera en plus une pompe de secours.

Le volume du réservoir et le débit des pompes se calcule en fonction des débits probables définis dans les DTU. On trouvera des systèmes tout équipés (cuve, pompe, tuyauterie, accessoires et armoire électrique) prêts à installer (figure 3.59).

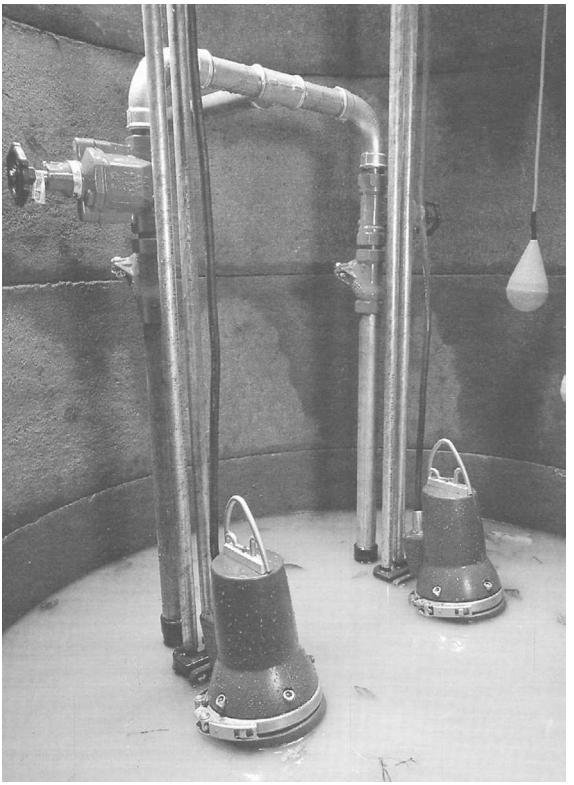


Figure 3.59 – Station de relevage Macrolift de GRUNDFOS

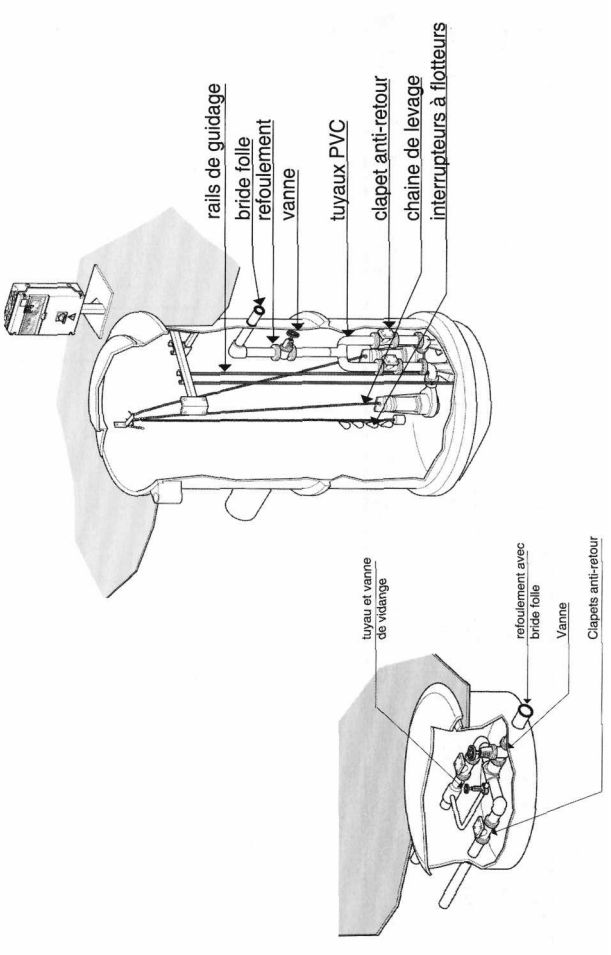


Figure 3.60 – Station de relevage Macrolift de GRUNDFOS

■ Broyeur sanitaire

Il est possible de raccorder un appareil (WC, douche, lavabo…), positionné dans une pièce située en dessous de la tuyauterie d'évacuation des eaux usées. On utilisera un broyeur sanitaire raccordé au reste de l'installation d'évacuation des eaux usées. La hauteur de refoulement est généralement de 4 à 5 m et peut atteindre une distance allant jusqu'à 100 m.

Le système est entièrement autonome, il suffit de le brancher sur une prise électrique et de raccorder la tuyauterie d'évacuation équipée d'un clapet anti-retour. La tuyauterie d'allure horizontale doit présenter une pente d'au moins 1 % en direction de la tuyauterie d'évacuation.

Il existe des modèles adaptés à chaque usage (figure 3.61).

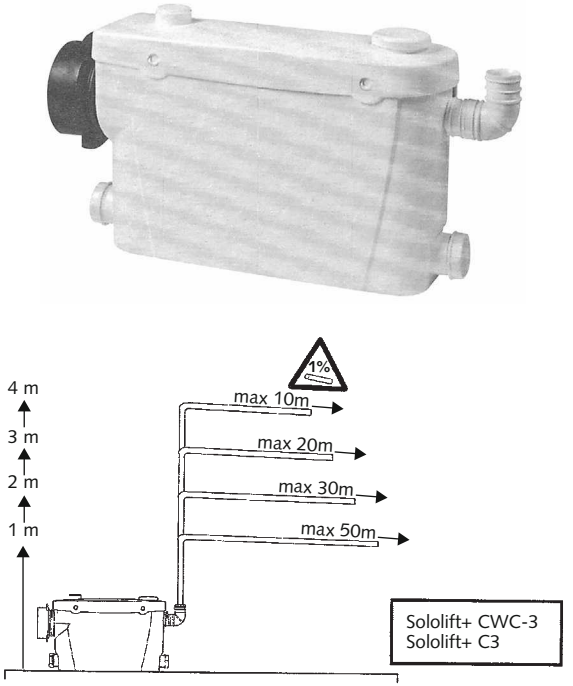


Figure 3.61 – Broyeur Solofit de GRUNDFOS

Type de pompe	Diamètre (mm)		Puis (W)	Dimension (mm)		
	Refoulement	Arrivée (connexions)		H	long.	larg.
SOLOLIFT+ WC	23/25/28/32	100	400	280	431	431
SOLOLIFT+ WC	23/25/28/32	100+1x40	400	280	431	431
SOLOLIFT+ WC	23/25/28/32	100+3x40	400	280	431	431
SOLOLIFT+ WC	23/25/28/32	3x40	400	280	431	431
SOLOLIFT+ WC	23/32	1x40+1x40/32	270	144	431	296

Q (l/min)	30	40	45	50	55	60
mCE	6,8	6,2	5,8	5,6	5,0	4,8
	6,8	6,2	5,8	5,6	5,0	4,8
	6,8	6,2	5,8	5,6	5,0	4,8
	4,8	4,2	3,8	3,4	3,0	2,4
	4,2	3,6	2,8	2,0	1,4	

Figure 3.61 – Broyeur Solofit de GRUNDFOS *(suite)*

Il faudra rester prudent sur l'utilisation de ces broyeurs car, en cas de panne, rien n'empêche l'eau de continuer à couler (chasse qui fuit, machine à laver…), ce qui provoquera le débordement de l'installation.

■ Puisard – vide-cave

Les pompes d'évacuation des eaux d'infiltration dans les caves ou garages sont généralement des pompes avec flotteurs intégrés dans les petites installations (figure 3.62). Pour les installations plus importantes, on trouvera des pompes montées en parallèle avec une armoire de commande et des flotteurs indépendants.

La dimension de la fosse doit permettre le mouvement libre du flotteur et assurer une certaine réserve d'eau.

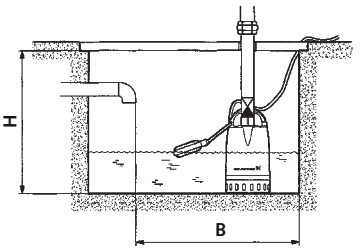


Figure 3.62 – Pompe de drainage Unilift CC de GRUNDFOS

■ Pompes en fosse sèche

Lorsque, pour des questions d'encombrement ou d'entretien, la pompe ne peut pas être posée dans la fosse, on l'installera à l'extérieur de la fosse à laquelle elle sera raccordée par une tuyauterie d'aspiration. On parle dans ce cas d'installation en fosse sèche (figure 3.63).

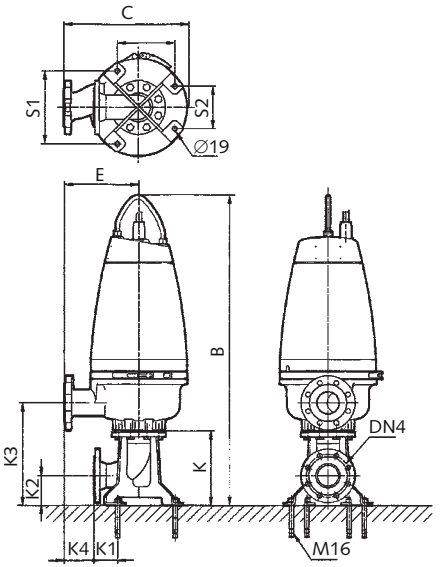


Figure 3.63 – Pompe en fosse sèche

Dans la pratique

Il existe une grande diversité de pompes. L'évolution permet une amélioration des performances et donc une baisse des consommations électriques.
Les pompes « gratuites » reviennent dans l'actualité : pompes bélier… Elles ne consomment pas d'énergie, sont faciles de fabrication et d'entretien et permettent d'élever facilement l'eau lorsqu'elle est disponible en quantité. C'est ce qui est recherché dans l'habitat écologique.

12.3 Circulateurs de chauffage

Les circulateurs servent à faire « circuler » l'eau dans un circuit fermé. Ils assurent :

- une pression (hauteur manométrique, Hmt) ;
- un débit (c'est le débit qui fait la puissance en chauffage).

On rencontrera principalement deux types d'usages des circulateurs :

- les circulateurs de chauffage ;
- les circulateurs d'eau chaude sanitaire.

Et deux types de technologies :

- rotor noyé ;
- moteur ventilé.

La technologie des circulateurs (la gestion électrique et hydraulique) a fortement évolué ces dernières années, afin d'améliorer les performances des appareils, des systèmes sur lesquels ils sont installés et de réduire fortement leur consommation électrique.

■ Caractéristiques des circulateurs

Les circulateurs sont principalement caractérisés par :

- le type d'usage (eau chaude sanitaire, solaire, chauffage, climatisation…) ;
- la température du liquide (exemple : circulateurs UPS 25-50 : +2 °C à + 110 °C) ;
- la pression maximale de service ;
- la performance énergétique (label énergie A à G) pour les anciens modèles, ou IEE ≤ 0,20, ≤ 0,23, ≤ 0,27 pour les rotors noyés, ou IE3, IE2, IE1 pour les moteurs ventilés ;
- la classe d'isolation (isolation électrique) ;
- l'indice de protection (protection contre les pénétrations de corps étrangers ou les projections d'eau dans les parties électriques) ;

- la présence d'une protection thermique (lorsque la protection thermique est intégrée au moteur, la protection externe n'est pas nécessaire) ;
- la puissance électrique et la densité nominale ;
- les caractéristiques hydrauliques (hauteur manométrique et débit) ;
- la présence de capteurs (capteurs de pression, capteurs de température…) qui permettent l'adaptation du fonctionnement du circulateur ;
- le type de raccordement (filetages, bride…) et l'entraxe entre les deux raccords.

La référence du circulateur permet souvent de connaître les caractéristiques principales (figure 3.64).

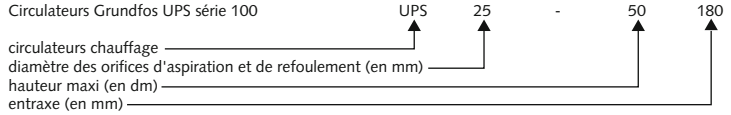


Figure 3.64 – Exemple de référence de circulateur

Le circulateur de chauffage permet de faire circuler l'eau dans un circuit fermé, de la production (chaudière, pompe à chaleur...) vers les émetteurs (radiateurs, ventilo-convecteurs, planchers chauffants...) par l'intermédiaire d'un réseau de distribution.

Pour plus d'informations sur les installations, se reporter au chapitre 18 sur les installations de chauffage.

■ Anciens circulateurs

Les circulateurs simples représentent la grande majorité des circulateurs domestiques et collectifs encore en fonctionnement aujourd'hui ; ils avaient 1, 2 ou 3 vitesses, et sont aujourd'hui électroniques à vitesse variable, afin de fournir une pression et/ou un débit adapté aux besoins. Ce sont principalement des circulateurs à rotor noyé (refroidi par l'eau du circuit), le corps du circulateur est souvent en fonte et la roue est traitée anticorrosion, ou en matières plastiques.

Le circulateur doit toujours être installé avec l'arbre moteur en position horizontale ou selon les indications du constructeur.

Pour éviter le bruit de cavitation et l'usure des paliers, il faudra respecter les pressions minimales à l'aspiration du circulateur (tableau 3.7).

Tableau 3.7 – Pressions minimales à l'aspiration d'un circulateur

Température du liquide	85 °C	90 °C	110 °C
Pression d'entrée	0,5 mCE	2,8 mCE	11,0 mCE
	0,049 bar	0,27 bar	1,08 bar

Les courbes caractéristiques des anciens circulateurs donnent le débit en fonction de la hauteur manométrique pour chacune des trois vitesses (figure 3.65).

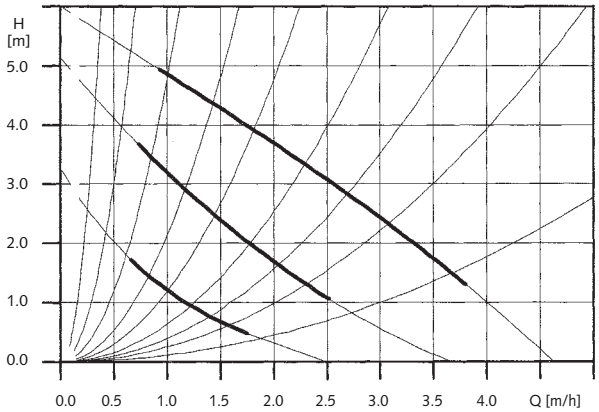


Figure 3.65 – Caractéristiques des circulateurs GRUNDFOS UPS série 100

Les caractéristiques électriques sont données dans le tableau 3.8.

Tableau 3.8 – Caractéristiques électriques du circulateur GRUNDFOS UPS 25-50

Vitesse	**Puissance P (W)**	**Intensité In (A)**
3	50	0,23
2	45	0,20
1	35	0,16

Sur ce type de circulateur, lorsque les caractéristiques de l'installation varient (fermeture de vannes thermostatiques...), le point de fonctionnement se décale (la hauteur manométrique et le débit changent).

Le choix de la vitesse se fera lors de la mise en service de l'installation afin de trouver le point de fonctionnement le plus adapté aux besoins de l'installation.

■ Circulateurs à pression proportionnelle

On doit installer aujourd'hui des circulateurs capables de s'adapter aux variations de débit dans l'installation. Lors de la fermeture des robinets manuels ou thermostatiques, le circulateur adapte sa vitesse ce qui réduit son bruit de fonctionnement et sa consommation électrique.

Le principe de la pression proportionnelle est d'adapter la hauteur manométrique de la pompe aux débits dans l'installation.

Lorsque la demande augmente (ouverture de robinets de commande d'appareils), le débit total dans l'installation va augmenter, ce qui augmente les pertes de charge. Pour compenser cela, la hauteur manométrique de la pompe augmente proportionnellement (figure 3.66).

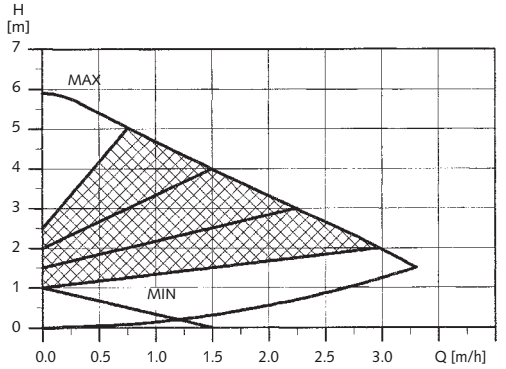


Figure 3.66 – Courbe de pression proportionnelle d'une pompe UPE GRUNDFOS

■ Circulateurs à pression constante

Lorsque l'installation présente un circuit ayant une perte de charge importante (radiateurs très éloignés de la chaudière, planchers chauffants...), il est nécessaire de fournir une pression de refoulement constante quel que soit le débit dans l'installation (afin de garantir la circulation d'eau dans le circuit le plus éloigné, ou celui présentant la plus forte perte de charge).

On choisira dans ce cas une pompe à fonctionnement à débit constant dont la courbe caractéristique est celle de la figure 3.67.

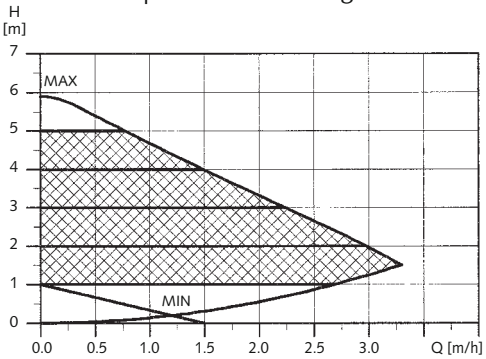


Figure 3.67 – Courbe de pression constante d'une pompe UPE GRUNDFOS

■ Circulateurs autorégulés ou auto-adaptatifs

La généralisation de l'électronique permet une gestion complète d'une installation.

En plus du contrôle de la Hmt et du débit (adaptation du point de fonctionnement à l'évolution du réseau), on peut réaliser un contrôle de température. Sur les réseaux où la température est fixe, il est possible de contrôler la température de retour de l'installation.

Si la température n'est pas conforme à la valeur de consigne, le fonctionnement de la pompe va évoluer pour corriger le défaut :

- Si la température retour est trop faible, cela signifie que l'eau circule trop lentement dans l'installation, la pompe augmente son débit.
- Si la température de retour est trop importante, cela signifie que l'eau circule trop vite dans l'installation, la pompe va diminuer son débit.

On trouve aussi parfois un mode nuit qui réduit la vitesse du moteur quand la température diminue.

Dans la pratique

Les nouveaux circulateurs proposent souvent plusieurs options :
– pression proportionnelle,
– pression constante,
– vitesse constante (les trois vitesses des anciens circulateurs),
– auto-adaptatifs.

12.4 Circulateur d'eau chaude sanitaire (ECS)

Dans une installation sanitaire individuelle (lorsque la longueur de tuyauterie est supérieure à 8 m), et dans les installations collectives, les longueurs de tuyauteries importantes imposent la pose d'un circulateur sanitaire pour :

- réduire le temps d'attente lors d'un puisage (pour éviter d'avoir à vider la tuyauterie commune avant d'obtenir de l'eau chaude) ;
- maintenir en température la colonne d'eau et limiter les risques de légionelle (température > 50 °C en tout point de l'installation).

Ces circulateurs sont conçus et installés spécialement pour cet usage, ils fonctionneront en continu, en régulation horaire ou en régulation thermostatique.

Le choix d'un circulateur d'ECS s'effectuera en fonction du point de fonctionnement choisi. Il devra permettre une vitesse de circulation d'eau dans l'installation de 0,2 m/s ; la température de l'eau devra toujours être supérieure à 50 °C en tout point du circuit.

Le CSTB propose des fiches d'aide au dimensionnement des bouclages d'eau chaude sanitaire.

La gestion du fonctionnement du circulateur pourra être effectuée en fonction de :

- la température : régulation thermostatique (le circulateur se met en route lorsque la température devient inférieure à la consigne) ;
- les horaires : régulation par programmateur (on peut par souci d'économie ne pas faire circuler l'eau dans la boucle la nuit). Dans ce cas, il faut une remontée en température de la boucle d'eau au moins une fois toutes les 8 heures. Le programmateur ne validera pas les choix si cette règle n'est pas respectée.

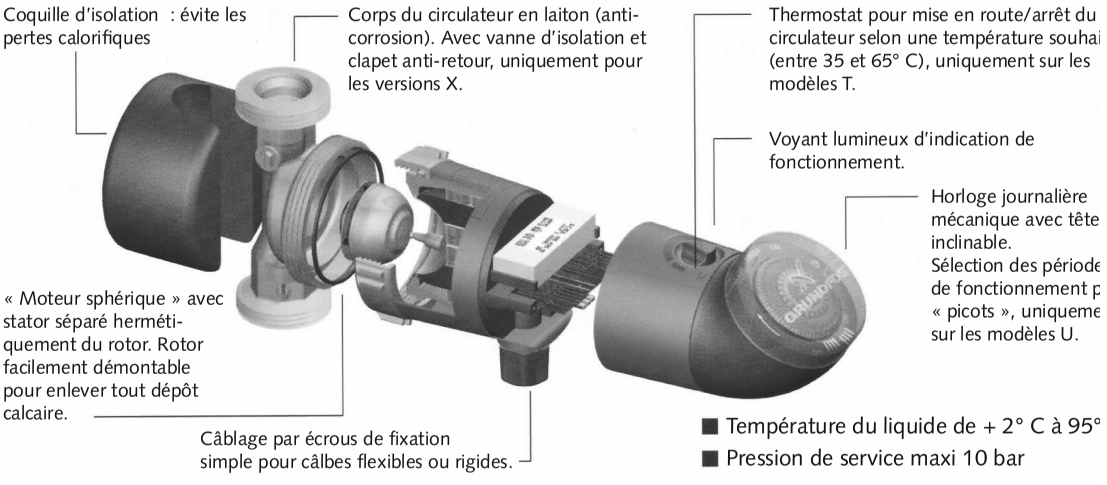


Figure 3.68 – Circulateur d'eau chaude sanitaire Comfort GRUNDFOS

Dans la pratique

Les circulateurs deviennent de plus en plus économes et « intelligents ». On trouve des circulateurs capables de s'adapter à l'installation grâce à des capteurs et à un microprocesseur. On peut choisir le type de fonctionnement :
– pression constante,
– pression proportionnelle,
– vitesse constante,
– température constante (pour l'eau chaude sanitaire).

13 Accessoires

13.1 Manomètres : type, position

Les manomètres sont gradués soit en mètres de colonne d'eau (mCE), soit en bar (10,2 m de hauteur d'eau correspond à une pression de 1 bar). On distingue (figure 3.69) :

- Les manomètres : ils indiquent une mesure de pression positive.
- Les vacuomètres : ils indiquent une mesure de pression négative (mesure du vide).
- Les manovacuomètres : ils peuvent indiquer à la fois une pression négative ou positive.

Figure 3.69 – Manomètres (document Thermador)

Ils se montent sur les emplacements prévus à cet effet par le constructeur de la pompe, à défaut aux plus près de la pompe mais en aucun cas sur la volute elle-même. Ils ne doivent pas rester en permanence sous pression, pour cela on utilise un robinet à trois voies permettant la purge d'eau lors de la fermeture.

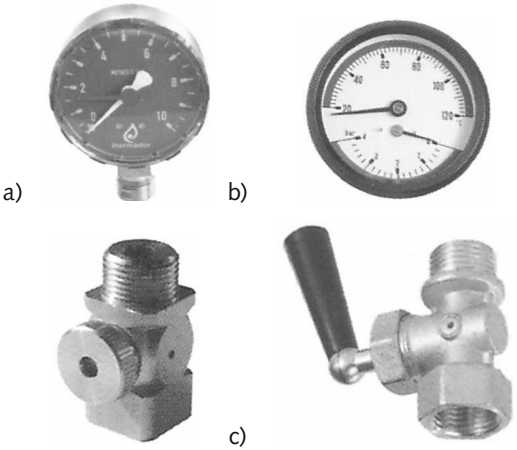


Figure 3.70 – Manomètres *(suite)* : a) manomètre ; b) thermomanomètre ; c) robinets (document Thermador)

Les robinets permettent la vidange du manomètre une fois la mesure effectuée.

Pour les pompes de puisage, on installera un vacuomètre à l'aspiration et un manomètre au refoulement. La différence entre les deux valeurs permettra de calculer la hauteur manométrique (figure 3.71).

Exemple

Si l'on mesure –0,5 bar à l'aspiration et +1,2 bar au refoulement, la hauteur manométrique Hmt sera de : 1,2 – (–0,5) = 1,7 bar. Cette hauteur manométrique permettra de trouver sur la courbe de pompe le débit théorique de fonctionnement de la pompe.

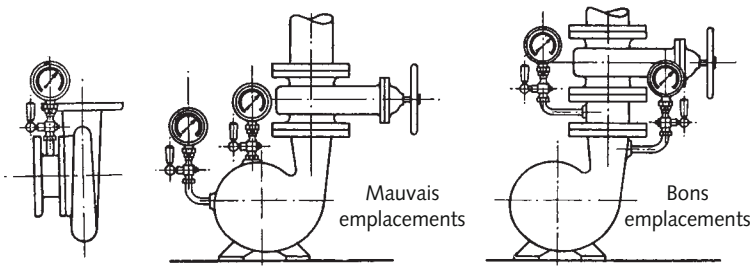


Figure 3.71 – Montages de manomètres

Pour les circulateurs où la pression à l'aspiration doit être positive, on utilisera un kit de mesure de pression composé d'une tubulure, de deux vannes d'isolement, et d'un seul manomètre pour effectuer successivement la mesure de pression à l'aspiration puis au refoulement afin de calculer la hauteur manométrique (figure 3.72) ; l'utilisation d'un seul manomètre permet de réduire les erreurs de mesure dues à la précision de l'appareil.

Ce kit de mesure sera appelé kit manométrique.

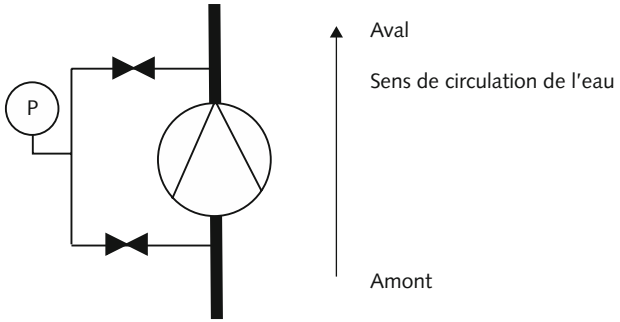


Figure 3.72 – Schéma de principe d'une prise de pression sur un circulateur

Pour effectuer les mesures de pressions en amont et en aval du circulateur, on procédera de la manière suivante :

- ouverture de la vanne de la prise de pression située en **amont** du circulateur et lecture de la pression : par exemple : P amont = 0,4 bar ;

- fermeture de la vanne de la prise de pression située en **amont** et ouverture de la vanne de la prise de pression située en **aval** du circulateur, lecture de la pression : par exemple P aval = 1,6 bar ;
- fermeture de la vanne de la prise de pression située en **aval** du circulateur et ouverture du robinet de vidange du manomètre pour ne pas le laisser sous pression ;
- calcul de la hauteur manométrique fournie par le circulateur :

$$Hmt = P\ aval - P\ amont = 1,6 - 0,4 = 1,2\ bar$$

Cette hauteur manométrique permettra, à partir de la courbe de pompe, de lire graphiquement le débit de la pompe (voir courbe de pompe, figure 3.29).

Remarque

Cette méthode est utile sur les circulateurs à vitesse, elle ne permet que de contrôler la Hmt sur les circulateurs à pression constante.

13.2 Étanchéité et presse-étoupe

Les joints utilisés pour l'étanchéité des parties fixes sont souvent en EPDM, en nitrile, en PTFE…, il faudra prendre soin de bien les positionner lors du remontage.

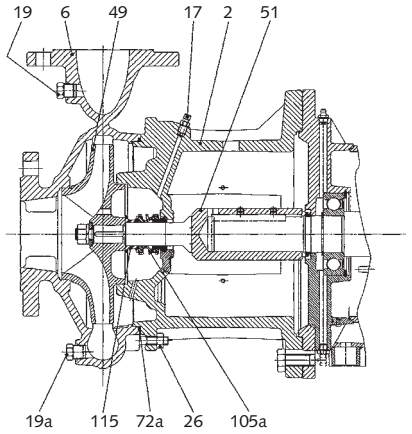
Le point le plus délicat pour l'étanchéité de la pompe est l'étanchéité autour de l'arbre qui est en mouvement.

La première technique utilisée a été le **presse-étoupe**. Pour réaliser l'étanchéité entre la partie fixe du moteur et l'arbre en mouvement, on bourrait d'étoupe de chanvre l'espace situé entre l'arbre et le corps de pompe, une bague métallique venait comprimer et garder en place cette étoupe. Une légère fuite subsistait et permettait la lubrification et le refroidissement du contact de la tresse avec l'arbre en mouvement. Il fallait évacuer cette eau à l'égout.

Aujourd'hui le presse-étoupe est remplacé par une **garniture mécanique** qui comprend une bague fixe (grain fixe ou siège) en contact avec une bague rotative (grain mobile) ; l'ensemble est lubrifié et refroidi par le liquide pompé.

Les matériaux utilisés pour réaliser ces garnitures dépendront des liquides pompés. Il faudra dans tous les cas respecter les consignes du

constructeur (nature du liquide pompé, fonctionnement à sec...) sous peine d'endommager les garnitures et de provoquer une fuite.



2	Lanterne moteur
6	Corps de pompe
6f	Plaque
17	Vis de purge
19	Bouchon
19a	Bouchon
26	Ecrou
27	Ecrou
49	Roue
51	Arbre pompe
72a	Joint torique
105a	Garniture mécanique
115	Entretoise pour garniture mécanique

Figure 3.73 – Circulateur NB GRUNDFOS

Selon le type de pompe, on trouvera aussi des joints toriques, des joints à soufflet, des joints à lèvre...

13.3 Clapets anti-retour

Les clapets anti-retour se montent sur plusieurs types d'installations :

- installation de relevage des eaux usées,
- installation de pompe en cascade,
- installation de puisage…

Ils seront positionnés à différents endroits selon le type d'installation :

- dans la crépine d'aspiration pour éviter le désamorçage de la conduite d'aspiration ;
- au refoulement de la pompe pour éviter le retour d'eau dans la pompe lorsqu'elle s'arrête (les pompes rotatives ne sont pas étanches) et maintenir la pression dans l'installation ;
- au refoulement de chacune des pompes montées en cascade pour éviter la circulation d'eau dans les pompes à l'arrêt.

Les défauts constatés sur les clapets sont :

- Le blocage du clapet en position ouverte (plus rarement fermée). Le blocage est dû le plus souvent à l'apparition de dépôts sur le mécanisme permettant le mouvement du clapet. On contrôlera :
  - la position de la crépine d'aspiration (pour ne pas aspirer les dépôts qui se trouvent au fond du puisard) dans le cas d'une pompe de puisage ;
  - la qualité d'eau (présence de calcaire) dans le cas d'une pompe de surpression.
- La fuite du clapet qui provoque lentement une baisse de pression dans l'installation ou le désamorçage de la tuyauterie d'aspiration. Il faudra nettoyer le clapet ou le remplacer.

Se reporter au paragraphe sur les coups de bélier au chapitre 21, Les désordres dans les installations de plomberie.

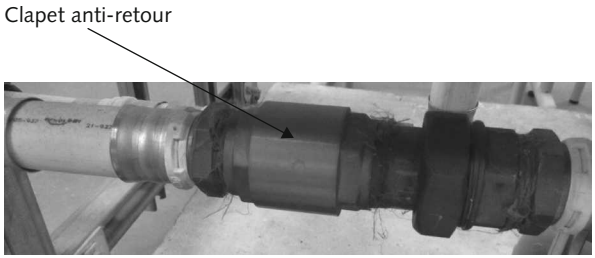


Figure 3.74 – Clapet anti-retour

13.4 Anticoup de bélier

Lorsqu'il y a un clapet anti-retour installé sur la pompe, la fermeture brutale du clapet peut provoquer un coup de bélier. Pour éviter ce coup de bélier, on prendra les mêmes dispositions que pour les installations d'eau sanitaire (se reporter au chapitre 21 sur les désordres de la plomberie).

13.5 Crépines

La crépine doit se trouver au moins 30 cm au-dessous du niveau des basses eaux et au moins 50 cm au-dessus du fond du puits pour éviter d'aspirer les dépôts situés au fond du puits (figure 3.75).

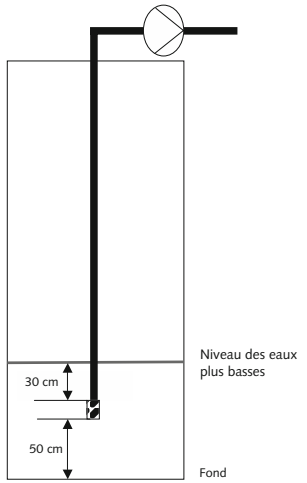


Figure 3.75 – Position d'un crépine

13.6 FLOTTEURS ET CONTACTEURS DE NIVEAU

Les flotteurs ou contacteurs de niveau sont utilisés pour gérer le fonctionnement des pompes dans toutes les installations dans lesquelles il faut vider ou remplir un réservoir.

On trouve différents modèles de flotteurs.

■ Flotteur contacteur à boule

- Une boule métallique mobile change de position et vient créer un contact entre deux conducteurs électriques.
- On a généralement des flotteurs à trois fils qui permettent d'avoir un contact en position haute et un contact en position basse. Ils peuvent ainsi être utilisés en contrôle de niveau pour remplir ou vider un réservoir. (figure 3.76).

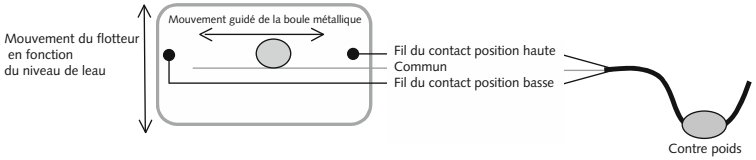


Figure 3.76 – Flotteur contacteur à boule

■ Le contacteur de niveau

Il existe différents modèles, une partie mobile contenant un flotteur et un aimant va changer de position en fonction du niveau d'eau. Lorsque l'aimant est positionné en face du contact, il va provoquer sa fermeture (contact à fermeture – normalement ouvert : NO) ou son ouverture (contact à ouverture – normalement fermé : NF ou NC) en fonction du modèle choisi.

Ils ont généralement deux fils, le sens de pose déterminera le mouvement possible (figure 3.77).

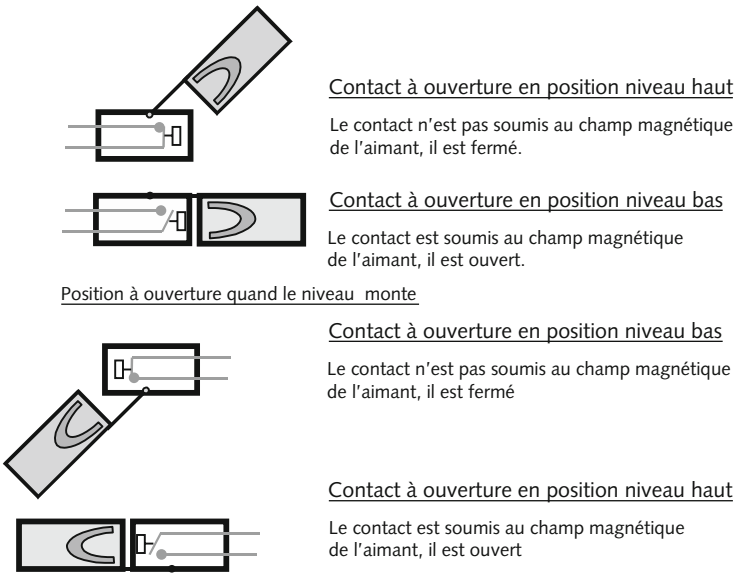


Figure 3.77 – Mouvements du contacteur

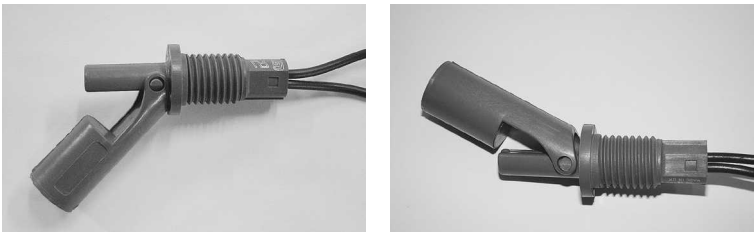


Figure 3.78 – Contacteurs de niveau

Le même principe s'applique aux contacts à fermeture, le sens de pose sera déterminé par la fonction attribuée au flotteur (commande de la pompe, flotteur de sécurité, flotteur d'alarme…).

Les flotteurs supportent un courant d'intensité faible ; ils peuvent être utilisés en commande directe lorsque l'intensité de la pompe est faible (inférieure à 10 A), mais sont de préférence utilisés dans les circuits de commande (très basse tension 24 V) pour limiter les risques électriques.

Lorsqu'ils sont utilisés en commande directe, il arrive que la boule métallique se soude au contact lorsqu'il y a formation d'un arc électrique à l'intérieur du flotteur (à l'ouverture d'un contact). Les contacts du flotteur restent figés, il faut dans ce cas remplacer le flotteur.

D'une manière générale sur les installations importantes, on assure le fonctionnement de l'installation à l'aide de plusieurs flotteurs pour limiter les risques de défaillance.

Pour plus de détails, un exemple de schéma est donné au chapitre 17 sur les installations électriques.

Il existe des électrodes raccordées à des cartes électroniques qui pourront assurer la même fonction que les flotteurs. Lorsque le niveau d'eau monte et entre en contact avec une électrode, le courant peut passer entre les deux électrodes. La carte électronique détecte la présence d'eau et adapte le fonctionnement de l'installation en fonction des consignes données.

13.7 Protections électriques

En fonctionnement normal, un moteur s'échauffe, il est refroidi par l'eau du circuit (rotor noyé) ou par l'air environnant (moteur ventilé). Lorsque le moteur force ou se bloque, l'intensité du courant circulant dans le moteur augmente, il chauffe davantage et n'est plus refroidi correctement, sa température augmente. Pour éviter la détérioration des isolants du moteur et la mise en court-circuit du bobinage, on équipe les moteurs d'une protection thermique. On parlera indifféremment de surchauffe (élévation de la température), de surcharge (augmentation du travail du moteur), de surintensité (augmentation de l'intensité circulant dans le moteur), les trois phénomènes étant liés.

La protection électrique des moteurs (surchauffe, surcharge, surintensité) peut être réalisée de trois manières :

- **Protection interne au moteur :** une sonde sensible à la température placée dans le moteur le met à l'arrêt lorsqu'il chauffe trop, il redémarre

automatiquement ou manuellement lorsqu'il refroidi. C'est le cas pour de nombreux circulateurs de chauffage et pompes de faible puissance. On parle de protection ipsotherme, on trouve aussi des **Klixon** intégrés dans le câblage électrique du moteur.

- **Protection par disjoncteur moteur :** le contact est soumis au champ magnétique de l'aimant, il s'ouvre lors d'une surintensité. Le disjoncteur moteur le protège des surchauffes (surintensité), l'intensité de déclenchement est réglable. Lorsqu'il y a surcharge électrique, le disjoncteur déclenche, il faut le réarmer manuellement. On utilise ce type de disjoncteur pour les installations simples (un moteur isolé).
- **Protection par protection thermique :** une protection thermique spécifique à chaque moteur est positionnée sur son alimentation électrique à la sortie du contacteur. Elle est réglable. En cas de surchauffe, un contact s'ouvre et interrompt l'alimentation du contacteur, ce qui provoque l'arrêt de la pompe. Le réarmement se fait manuellement.

13.8 Manchettes antivibratiles

Lorsque la vibration de la pompe est importante, on prendra les précautions suivantes :

- installer des manchettes antivibratiles sur les tuyauteries de raccordement pour éviter que la vibration ne se transmette dans les bâtiments par celle-ci ;
- installer la pompe sur des plots en caoutchouc pour éviter que le bruit ne se transmette par la maçonnerie.

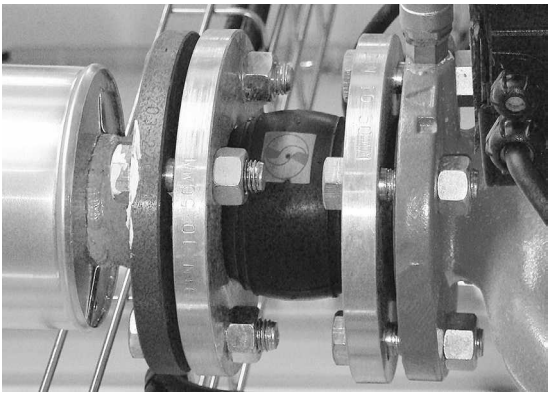


Figure 3.79 – Manchettes antivibratiles

13.9 Vannes d'isolement

Placées sur la tuyauterie de refoulement, elles permettent le démontage et la maintenance de la pompe sans avoir à vidanger l'ensemble de l'installation. Il faut dans tous les cas interdire la fermeture d'une vanne pendant le fonctionnement de la pompe, par exemple, en démontant son volant.

Attention

Les accessoires sont indispensables au bon fonctionnement des installations. Ils permettent de les contrôler et de les régler.

14 Dans la pratique

14.1 Choix d'une pompe

Le choix d'une pompe s'effectue toujours de la même manière :

- Déterminer le débit (q_v) nécessaire dans l'installation (en fonction de la puissance de chauffage, des besoins en en eau...).
- Déterminer les pertes de charge totales (PdC) qui correspondent aux débits choisis (à cette étape il faut aussi déterminer le diamètre de la tuyauterie et la vitesse d'écoulement, ainsi que les accessoires – vannes, clapets, coudes...).
- Déterminer les paramètres qui caractérisent installation pour définir le type de pompe :
  - type d'usage (relevage, assainissement…),
  - nature du fluide (eaux pluviales, eaux agressives…),
  - position de la pompe (immergée, sur socle…),
  - bruit (atténuation acoustique du local, proximité d'une chambre à coucher…),
  - maintenance (installation collective, réglementation…),
  - installation électrique (monophasé, triphasé…).
- Sélectionner la courbe de pompe qui correspond au point de fonctionnement (q_v – PdC) de l'installation.

Lorsque la pompe sera installée, il faudra :

- Effectuer des essais pour contrôler son fonctionnement.

14.2 Amorçage – purge d'air

Lorsque la pompe n'est pas auto-amorçante, il faudra veiller à respecter quelques règles simples :

- prévoir un orifice de remplissage comportant un entonnoir et une vanne isolement si l'amorçage doit être répété plusieurs fois dans l'année (mise hors d'eau de la pompe à cause des risques de gel), lorsque la pompe est utilisée le week-end par exemple ;
- respecter une pente sur la tuyauterie montante d'aspiration de 2 à 3 cm par mètre, sans contre-pente pour éviter le désamorçage de la tuyauterie (figure 3.80).

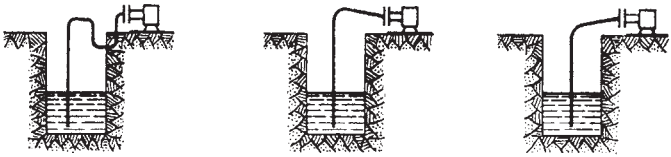


Figure 3.80 – Aspirations

Dans tous les cas, il faudra respecter les préconisations du constructeur.

14.3 Refroidissement

Tout moteur électrique chauffe, il faut donc le refroidir.

Si la pompe est utilisée dans les cas prévus par le constructeur, il n'y aura pas de problème particulier de refroidissement.

Les problèmes de refroidissement apparaissent lorsque les dépôts de calcaire ou de boues sont importants et empêchent la libre circulation de l'eau autour de la pompe, ce qui réduit son refroidissement notamment dans le cas d'une pompe immergée.

14.4 Lubrification – joints – usure – gommage

Il faudra dans tous les cas, lors du choix d'une pompe, vérifier que le liquide pompé correspond bien aux caractéristiques prévues par le constructeur, sinon la lubrification ne se fera pas dans de bonnes conditions.

L'entartrage ou incrustation de dépôts va provoquer une usure des bagues d'étanchéité de la pompe et des fuites sur la garniture mécanique.

Pour les circulateurs qui ne fonctionnent pas pendant quelques mois, les paliers du circulateur vont rester collés par les dépôts qui vont l'empêcher

de démarrer, c'est le gommage. Il faut dans ce cas ouvrir le bouchon situé dans l'axe du circulateur (attention : de l'eau chaude risque de s'écouler), et débloquer l'axe du circulateur avec un tournevis plat positionné dans la fente prévue sur l'arbre du circulateur (attention à la rotation rapide lors du démarrage du moteur).

14.5 Étanchéité

Les problèmes d'étanchéité sont principalement dus à l'usure des joints lors de conditions de fonctionnement anormales de la pompe.

14.6 Sens et vitesse de rotation – contrôle

La vitesse de rotation s'exprime en tour par minute (tr/min), ce qui correspond en fait à une fréquence (en min^{-1}). Si un arbre moteur tourne à 500 tr/min, cela signifie que un point quelconque de cet arbre passe 500 fois par minute au même endroit.

On pourra donc trouver indifféremment les deux écritures :

$$500 \text{ tr/min} = 500 \text{ min}^{-1}$$

Attention

Pour les pompes triphasées, si on inverse les trois phases lors du branchement, la pompe tournera à l'envers. Ses performances hydrauliques seront différentes des performances données par le constructeur, mais la pompe fournira tout de même un débit et une hauteur manométrique (les valeurs seront plus faibles que celles du constructeur). Pour rétablir le bon sens de rotation, il suffit d'inverser deux fils de phase.

14.7 Surdimensionnement et sous-dimensionnement

Lorsque le point de fonctionnement se situe entre deux courbes de pompe, ou entre deux vitesses, on a le choix de surdimensionner ou de sous-dimensionner la pompe.

Un surdimensionnement va entraîner un débit plus important (bruits de circulation), une hauteur manométrique plus importante (qui peut perturber le fonctionnement des organes de régulation), une vitesse de passage dans les émetteurs plus importante (ce qui va réduire le $\Delta\theta$ et faire baisser le rendement global de l'installation), une surconsommation électrique du moteur de la pompe.

Un sous-dimensionnement de la pompe entraînera une légère baisse du débit et de la hauteur manométrique, ce qui se sera dans la plupart des cas sans conséquences sur le fonctionnement des anciennes installations : le débit et la hauteur manométrique ont été le plus souvent surévalués.

Il faudra toutefois vérifier lors de la mise en service de l'installation que la hauteur manométrique est suffisante en contrôlant le bon fonctionnement de l'émetteur le plus défavorisé.

14.8 Température de fonctionnement – condensation – isolation

Toutes les pompes ne sont pas prévues pour le même usage. Les moteurs sont conçus pour résister à différentes températures et environnements.

D'une manière générale, sur les installations de chauffage, on isolera les tuyauteries de distribution d'eau mais pas le corps de pompe qui doit refroidir.

Les pompes d'eau glacée ont des coffrets électriques prévus pour éviter les risques de condensation à l'intérieur du boîtier. Ils doivent être positionnés au-dessus de la pompe, ou selon les consignes du constructeur.

14.9 Nombre de mise en marche par heure – par an

Lors du démarrage d'un moteur, il se produit une surintensité due à la mise en mouvement du moteur. Cette surintensité provoque un échauffement important du moteur. Le nombre de démarrages par heure est déterminé par le constructeur en fonction des capacités du moteur à se refroidir. Il faudra dans tous les cas respecter les préconisations du constructeur et dimensionner l'installation pour éviter un nombre de démarrages trop importants.

Lorsqu'une pompe et plus particulièrement un circulateur restent à l'arrêt pendant une période prolongée (période de non-chauffage en été), il est fréquent que la pompe se bloque par « gommage ». Les joints se collent sur l'axe du moteur et empêchent son démarrage.

Pour éviter cela, de nombreux constructeurs de chaudières murales prévoient le démarrage et le fonctionnement de la pompe pendant quelques minutes pendant les périodes de non-utilisation pour éviter le gommage de la pompe. Cela peut aussi être le cas pour les circulateurs doubles.

14.10 Bruits

Les sources de bruits sur une pompe sont multiples : pièces mécaniques en mouvement, turbulence de l'eau, frottements, cavitation… Il conviendra de choisir la pompe et de concevoir l'installation de manière à réduire les causes de bruits.

Quelques règles simples pour réduire les bruits :

- choisir une pompe de qualité ;
- effectuer un contrôle et un entretien régulier des pièces d'usure (roulements, roue à aube…) ;
- fixer la pompe sur des supports antivibratiles ;
- réduire la transmission du bruit par les tuyauteries en utilisant les manchons de dilatation sur les deux raccordements de la pompe ;
- respecter la règle des 5 D (longueur de tuyauterie droite supérieure à cinq fois le diamètre extérieur de la tuyauterie entre la pompe et un coude et entre deux accessoires) pour limiter les turbulences (figure 3.81).

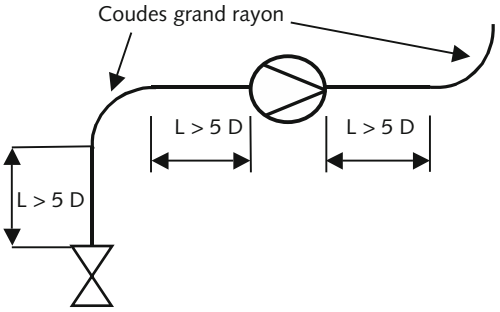


Figure 3.81 – Règle des 5 D

14.11 Contrôles à effectuer

Les contrôles dépendent essentiellement du type de moteur et du type d'installation, il faudra se reporter aux différents paragraphes (pompe de relevage, surpresseurs…) et aux recommandations des constructeurs.

14.12 Dysfonctionnements – dépannage

Lorsque l'on constate la baisse des performances hydrauliques d'une pompe, il est nécessaire de contrôler l'usure de la volute et éventuellement de la remplacer.

On pourra de manière préventive envisager le remplacement des joints d'usure pendant les périodes de non-utilisation.

14.13 Thermographie des moteurs

La thermographie permet de détecter des zones anormalement chaudes sur les moteurs. Son utilisation est essentiellement préventive : on compare d'une année sur l'autre ou d'une visite à l'autre les images prises pour analyser le disfonctionnement du moteur et l'apparition de zones chaudes qui sont les signes d'un dysfonctionnement à venir (figure 3.82).

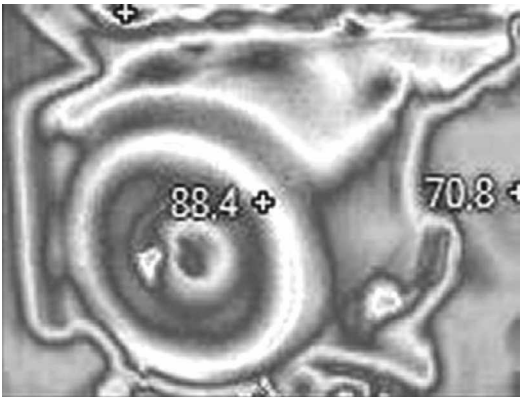


Figure 3.82 – Photographie infrarouge d'un circulateur

14.14 Tension – intensité – section des câbles

Les câbles électriques sont choisis de manière à ce que la perte de voltage ne dépasse pas 5 %. On trouvera des guides de choix dans les catalogues des fabricants.

Le contrôle de l'intensité d'un moteur permet de détecter des anomalies de fonctionnement. Lorsqu'un moteur force, l'intensité absorbée augmente de manière importante, il suffit de mesurer l'intensité sur la phase du moteur et de la comparer à l'intensité marquée sur sa plaque signalétique pour détecter un éventuel dysfonctionnement sur la pompe.

Cette mesure s'effectue à l'aide d'une pince ampèremétrique sans débrancher aucun câble.

14.15 Puissance électrique

La puissance d'un moteur s'exprime en kilowatt mais on trouve encore des plaques signalétiques ou la puissance est indiquée en cheval-vapeur :

1 ch = 736 W

1 kW = 1,36 ch

Il est difficile d'effectuer un contrôle de fonctionnement à partir de la puissance électrique et du rendement sur les petits moteurs. Mais dans tous les cas, une augmentation de l'intensité est le signe que le moteur force. Il faut dans ce cas trouver la cause.

14.16 Mesure des Hmt – évaluation des débits

Lorsque la pompe n'est pas trop « ancienne », on peut utiliser la courbe de pompe pour évaluer le débit à partir de la hauteur manométrique relevée au manomètre.

Si la pompe n'est pas trop usée, ses caractéristiques hydrauliques seront celles indiquées par le constructeur. À partir de la lecture de la hauteur manométrique (différence de pression entre la pression au refoulement et la pression à l'aspiration), on pourra graphiquement trouver la valeur du débit.

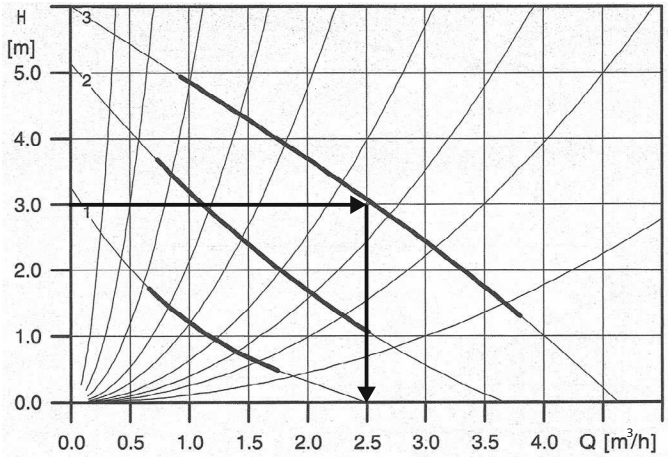


Figure 3.83 – Courbe de pompe UPS 25-60 GRUNDFOS

Exemple

Si, sur une pompe UPS 25-60 réglée sur la vitesse 3, la hauteur manométrique mesurée de la pompe est 3 mCE, le débit correspondant sur le graphique est de 2,5 m^3/h (figure 3.83).

14.17 Méthodes d'évaluation des débits

Une autre méthode pour évaluer les débits d'une installation à température constante, consiste à utiliser des relevés de température. Par exemple, si un radiateur est prévu pour fonctionner à pleine puissance avec un écart de température de 20 °C entre l'entrée et la sortie, la mesure de cet écart de température permet de savoir si le débit qui circule à l'intérieur du radiateur est trop faible ou trop important :

- si le débit est trop faible, l'écart de température sera plus important ;
- si le débit est trop important, l'écart de température sera plus faible.

On pourra de manière simple évaluer si le débit fourni par la pompe est trop faible ou trop important. Cette méthode reste applicable à des installations simples qui ne nécessitent pas un équilibrage important. Dans les autres cas, on utilisera une méthode d'équilibrage approprié.

Il existe des appareils qui permettent de mesurer des débits sans démontage des tuyauteries (mesure par ultrasons…), mais ces appareils restent chers.

14.18 Gestion des installations

■ Gestion de niveau : flotteurs – contacteurs

La gestion de niveau peut être effectuée de différentes manières. Sur les systèmes de vidange des réservoirs, on aura en général un flotteur de commande qui provoquera la mise en marche ou l'arrêt de la pompe, un flotteur de sécurité qui interdira le fonctionnement de la pompe s'il n'y a pas suffisamment d'eau (pour interdire le fonctionnement à sec de la pompe), un flotteur d'alarme qui préviendra en cas de dysfonctionnement du système (débordement de la cuve).

Lorsque deux pompes sont installées, le tableau électrique ou le programmateur permettra le fonctionnement alterné des deux pompes et la mise en marche forcée de la deuxième pompe en même temps que l'alarme en cas de défaillance de la première.

■ Gestion de pression : contacteur pressostatique

La gestion de niveau dans un réservoir d'eau propre peut être effectuée par des contacteurs pressostatiques (sur le même principe que le remplissage des machines à laver). Un tube est relié à la cuve, lorsque le niveau d'eau monte, l'air ou l'eau contenu dans le tube est comprimé, la pression agit sur une membrane qui se déplace et vient fermer ou ouvrir un contact, on parle de pressostat :

- **Sécurité manque d'eau :** la sécurité manque d'eau est un dispositif qui, lorsque le niveau d'eau est trop bas, interdit le fonctionnement de la pompe pour éviter son fonctionnement à sec, ce qui endommagerait ses joints d'étanchéité et provoquerait son échauffement anormal.
- **Sécurité de débordement :** la sécurité de débordement est un dispositif qui, lors du remplissage d'un réservoir, met à l'arrêt la pompe qui assure ce remplissage lorsque le niveau dépasse la valeur prévue (en cas de défaillance du flotteur de commande). Une alarme est actionnée pour signaler le défaut.

■ Télégestion et communication

L'évolution des appareillages électriques et notamment informatiques permet aujourd'hui la gestion des installations à distance. Si l'automate de contrôle est raccordé à une ligne téléphonique, éventuellement à un module GSM, le technicien de maintenance peut être averti directement sur son téléphone du défaut présent sur l'installation. Certains systèmes permettent même la prise en main de l'installation à distance à l'aide d'un ordinateur.

Des relevés peuvent être réalisés à distance (pression, débit, tension…) afin d'étudier le fonctionnement d'une installation, éventuellement de forcer son démarrage, ou de passer en mode manuel pour maintenir un service réduit en attendant l'intervention du technicien.

Dans tous les cas, la connaissance du défaut permettra aux techniciens de prévoir les pièces nécessaires à la réparation et parfois même d'être informés de la panne avant que le client ne constate un dysfonctionnement.

On parle de GTB (gestion technique des bâtiments) ou de GTC (gestion technique centralisée).

4
TRAITEMENT DES EAUX

L'eau, de formule H_2O, est formée d'un volume d'oxygène et de deux volumes d'hydrogène, son nom vient du latin *aqua*.

Le mot eau est fréquemment employé pour désigner des combinaisons dont certaines intéressent la profession. Ce sont principalement : eau naturelle, eau de source, eau de puits, eau de rivière, eau de pluie, eau de mer eau distillée, eau potable, eau non potable, eau bouillante, eau courante, eau vive, eau croupie.

On trouve aussi :

- Eau forcée : eau distribuée sous pression.
- Eaux usées : eaux évacuées d'un bâtiment.
- Eaux ménagères ou eaux grises : eaux usées des salles de bains, évier, etc.
- Eaux-vannes ou eaux noires : eaux usées des toilettes.
- Eau minérale : elle s'est chargée de sels minéraux dans son passage souterrain.
- Eau thermale : elle jaillit chaude du sol, elle présente souvent des propriétés médicales.
- Eau gazeuse : elle est chargée de gaz carbonique sous pression naturelle ou artificielle.
- Eau dure et incrustante : elle contient du calcaire en grande quantité qui se dépose dans les canalisations sous l'effet de la chaleur.
- Eau douce : elle contient très peu de calcaire et devient agressive vis-à-vis des matériaux qui constituent les canalisations.
- Eau de Javel : c'est une solution aqueuse d'hypochlorite et de chlorure de sodium qui décolore et désinfecte ; elle est employée pour la stérilisation de l'eau (javellisation).
- Eau brute : eau non traitée.

1 Le cycle de l'eau

Sous l'effet du soleil et du vent, l'eau contenue dans les mers, les fleuves, les lacs et la végétation s'évapore pour créer les nuages qui donnent la pluie. Les nuages se forment lorsque la vapeur d'eau rencontre de l'air plus froid, il y a formation de microgouttelettes en suspension dans l'air.

Lorsque les gouttes sont suffisamment grosses, elles tombent sous forme de pluie, de grêle ou de neige.

La pluie forme les eaux de ruissellement qui constituent les ruisseaux, les rivières, les fleuves qui se jettent dans la mer. Elle s'infiltre dans la terre, se charge de minéraux, et alimente les nappes souterraines et les sources.

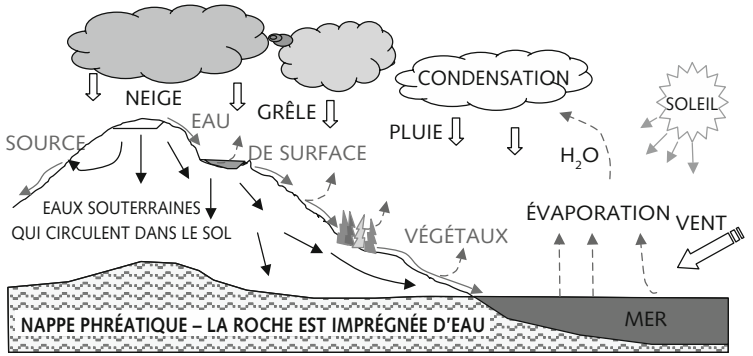


Figure 4.1 – Schéma du cycle de l'eau

L'eau est captée pour notre usage directement dans les rivières (38 %) ou dans les nappes phréatiques (62 %). Une fois usagée, elle est rejetée après traitement.

L'eau douce potable ne représente que 0,01 % de la quantité d'eau présente sur Terre.

En France, 75 % des consommateurs déclarent boire l'eau du robinet.

L'eau qui provient d'une distribution publique est déclarée potable par les services d'hygiène concernés. Elle doit être conforme aux prescriptions du Code de la Santé publique et des textes complémentaires qui définissent les qualités d'une eau potable et fixent les concentrations maximales de certains éléments contenus dans l'eau (directive européenne du 03/11/1998 transcrite dans le décret 2001-1220 du 20/12/2001, modifié par les décrets 2003-462 et 2003-461 et l'arrêté du 11 janvier 2007 puis l'arrêté du 21 janvier 2010).

Les normes définissent :

- la qualité microbiologique : l'eau ne doit contenir ni parasite, ni virus, ni élément pathogène ;
- la qualité chimique : les substances chimiques autres que les sels minéraux font l'objet de normes très sévères. Ces substances sont dites

« indésirables » ou « toxiques ». Elles sont recherchées à l'état de trace (millionième de gramme par litre).
Ces normes sont établies sur la base d'une consommation journalière normale, pendant toute la vie, ce sont les doses maximales admissibles (DMA). L'eau est naturellement chargée en minéraux nécessaires à notre organisme, l'eau distillée ne peut convenir à l'alimentation car elle ne contient pas les sels minéraux nécessaires au bon équilibre de l'organisme ;

- la qualité physique et gustative : l'eau doit être limpide, claire, aérée et ne doit présenter ni saveur ni odeur désagréable. Elle doit avoir une température inférieure ou égale à 25 °C. Cependant, une eau qui ne satisfait pas pleinement à ces critères ne présente pas forcément de risque pour la santé.

Tout procédé de traitement de l'eau du robinet doit faire l'objet d'une autorisation du ministère de la Santé et l'installation collective traitée fera l'objet de contrôles périodiques.

La qualité des eaux est un point important dans une installation d'eau sanitaire comme dans un circuit fermé, il faudra la contrôler. Le choix des matériaux dépendra de cette qualité d'eau (voir http://www.cieau.com).

2 Quelques rappels

2.1 Atomes

Ce sont les corps simples, ils sont classés en fonction de leurs caractéristiques dans un tableau appelé « tableau périodique ».

Ils sont composés de protons, de neutrons et d'électrons. Ce sont les électrons de la couche extérieure qui vont permettre les liaisons avec d'autres atomes.

Exemples

Métaux		Non métaux	
Sodium	Na	Oxygène	O
Potassium	K	Azote	N
Calcium	Ca	Soufre	S
Magnésium	Mg	Carbone	C
Fer	Fe	Chlore	Cl
Cuivre	Cu	Arsenic	As
Plomb	Pb	Phosphore	P
Zinc	Zn		
Mercure	Hg		

Les métaux associés à des non-métaux forment des sels (exemple NaCl).

Les métaux associés à l'oxygène O forment des oxydes (exemple FeO).

2.2 Molécules

Elles sont formées d'assemblages d'atomes.

Exemples

Oxygène : O_2 carbonate de calcium : $CaCO_3$ soude : NaOH
Hydrogène : H_2 chlorure de sodium : NaCl eau : H_2O

2.3 Ions

Lorsqu'un atome gagne ou perd un électron (e^-) sur sa couche externe, sa charge électrique va changer. On aura ainsi des atomes ou des molécules chargés positivement ou négativement.

Exemples

Cations (+)	Anions (–)
$Na \rightarrow Na^+ + e^-$	$Cl + e^- \rightarrow Cl^-$
$H \rightarrow H^+ + e^-$	$O + 2\ e^- \rightarrow O^{2-}$
$K \rightarrow K^+ + e^-$	$OH + e^- \rightarrow OH^-$
$Ca \rightarrow Ca^{++} + e^-$	$SO_4 + e^- \rightarrow SO_4^{2-}$
$Mg \rightarrow Mg^{++} + e^-$	$CO_3 + e^- \rightarrow CO_3^{2-}$
$Fe \rightarrow Fe^{++} + e^-$	
$Fe \rightarrow Fe^{+++} + e^-$	

2.4 Sels, acides et bases

Les sels sont formés par la liaison d'un anion (–) et d'un cation (+) :

$$Ca^{++} + 2\ Cl^- \rightarrow CaCl_2$$

$$Na^+ + Cl^- \rightarrow NaCl$$

Les acides sont formés par la liaison d'un anion avec H^+ :

$$H^+ + Cl^- \rightarrow HCl$$

$$2\ H^+ + SO_4^{2-} \rightarrow H_2SO_4$$

Les bases sont formées par la liaison d'un cation avec OH^- :

$$Na^+ + OH^- \rightarrow NaOH$$

Cas particulier : l'eau.

$$2\ H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$$

L'eau pure n'est ni acide, ni basique, elle sert de référence pour déterminer le pH.

2.5 Concentration d'une solution

Les concentrations des solutions ne sont pas toujours exprimées dans les mêmes unités, voici quelques rappels pour pouvoir effectuer des conversions.

Les éléments présents dans l'eau sont composés d'atomes ou de molécules. Chaque atome ou molécule est caractérisé par sa masse molaire (masse d'une mole de l'élément considéré).

Exemple

O représente 16 g d'oxygène (atome). O_2 représente $2 \times 16 = 32$ g d'oxygène (molécule).
$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3$ représente $40 + 12 + (3 \times 16) = 100$ g de carbonate de calcium.

On définit :

- La **valence** : nombre de charges électriques mises en jeu : $CaCO_3$ valence = 2.
- L'**équivalent** : masse d'un corps qui ne met en jeu qu'une charge positive et qu'une charge négative. 1 équivalent de $CaCO_3$ = 100/2 = 50 g. Les concentrations étant faibles, on utilise des milliéquivalents :

équivalent = masse molaire / valence

- La **normalité** : une solution normale (ou équivalente) est une solution (solution N) qui contient un équivalent par litre (tableau 4.1). Une solution N de $CaCO_3$ contient 50 g de $CaCO_3$ par litre :

1 éq/l = 50 g/l 1 méq/l = 50 mg/l

Tableau 4.1 – Conversion méq/l et mg/l

Élément		1 méq/l équivaut à la valeur ↓ en mg/l	1 mg/l équivaut à la valeur ↓ en méq/l
Cations			
Aliminium	Al^{++}	8,993	0,1112
Calcium	Ca^{++}	20,040	0,0499
Cuivre	Cu^{++}	31,770	0,0315
Fer	Fe^{++}	27,923	0,0358
Magnésium	Mg^{++}	12,156	0,0823
Sodium	Na^{+}	22,989	0,0435
Zinc	Zn^{++}	32,685	0,0306
Anions			
Bicarbonates	HCO_3^-	61,009	0,0164
Carbonates	CO_3^-	30,004	0,0333
Chlorures	Cl^-	35,453	0,0282
Nitrates	$NO3^-$	62,004	0,0161
Phosphates	$HPO4^{--}$	47,990	0,0208
Silicates	$HSiO3^-$	77,085	0,0130
Sulfates	$SO4^-$	48,031	0,0209

- Le **degré français °f:** un degré français vaut un cinquième d'un milli-équivalent:

1 °f = 1/5 méq

1 °f de $CaCO_3$ représente 50/5 = 10 mg/l de $CaCO_3$.
Pour éviter les calculs, on peut utiliser le tableau 4.2.

Tableau 4.2 – Équivalences entre les °f et les mg/l

Formule	Nom	Valeur de 1 °f (mg/l)	Formule	Nom	Valeur de 1 °f (mg/l)
$Al_2(SO_4)_3$	Sulfate d'aluminium	11,4	$MgCl_2$	Chlorure de magnésium	9,5
$CaCO_3$	Carbonate de calcium	10	MgO	Magnésie	4
$Ca(HCO_3)_2$	Bicarbonate de calcium	16,2	$Mg(OH)_2$	Magnésie	5,8
$CaSO_4$	Sulfate de calcium	13,6	Na_2CO_3	Carbonate de sodium	10,6
$CaCl_2$	Chlorure de calcium	11.1	$NaHCO_3$	Bicarbonate de sodium	16,8
CaO	Chaux	5,6	Na_2SO_4	Sulfate de sodium	14,2
$Ca(OH)_2$	Chaux	7,4	NaCl	Chlorure de sodium	11,7
$FeCl_3$	Chlorure ferrique	10,8	NaOH	Soude	8
H_2SO_4	Acide sulfurique	9,8	CO_3^{--}	Anion carbonate	6
HCl	Acide chlorhydrique	7,3	HCO_3^-	Anion bicarbonate	12.2
K_2CO_3	Carbonate de potassium	13,8	Cl^-	Anion chlorure	7,1
$KHCO_3$	Bicarbonate de potassium	20	SO_4^{--}	Anion sulfate	9,6
K_2SO_4	Sulfate de potassium	17,4	SiO_3^{--}	Anion silicate	7,6
KCl	Chlorure de potassium	14,9	PO_4^{--}	Anion phosphate	6,3
KOH	Potasse	11,2	Na^+	Cation sodium	4,6
$MgCO_3$	Carbonate de magnésium	8,4	K^+	Cation potassium	7,8
$Mg(HCO_3)_2$	Bicarbonate de magnésium	14,6	Ca^{++}	Cation calcium	4
$MgSO_4$	Sulfate de magnésium	12	Mg^{++}	Cation magnésium	2,4

Pour connaître et comprendre la signification et l'importance d'une analyse d'eau, nous allons passer en revue quelques explications sur les caractéristiques physiques et chimiques de l'eau.

2.6 Composition des eaux naturelles

Les eaux naturelles contiennent des matières solides, des matières dissoutes (des ions et des matières organiques), de la silice, des gaz dissous et des micro-organismes (algues, bactéries...).

Ces éléments vont provoquer des boues et des dépôts de tartre et des incrustations, des corrosions...

Exemple d'analyse d'eau

Symbole	Substances	Valeur mesurée	Valeur limite
Ca^{++}	Calcium	38 mg/l	
Mg^{++}	Magnésium	3,4 mg/l	
Na^{+}	Sodium	18 mg/l	200 mg/l
K^{+}	Potassium	2 mg/l	
HCO_3^{-}	Bicarbonate	140 mg/l	
NCO_3^{-}	Nitrates	1 mg/l	50 ou 100 mg/l
Cl^{-}	Chlorure	16 mg/l	200 mg/l
SO_4^{--}	Sulfates	9,2 mg/l	250 mg/l
Extraits sec à 180 °C : 210,2 mg/l			

La valeur limite représente la concentration au-dessus de laquelle il y a un risque pour la santé (selon le ministère de la Santé).

3 Caractéristiques physiques de l'eau

3.1 Température : en °C

L'eau destinée à la consommation humaine doit avoir une température inférieure ou égale à 25 °C (sauf dans les départements d'outre-mer). Dans la nature, elle est de 10 à 15 °C pour l'eau de source, 4 °C pour les eaux très profondes, variable pour les eaux de surface (la très grande variabilité dans le temps de la température indique toujours des risques

de pollution, lorsque l'eau est exposée aux variations de température, elle est aussi exposée à la pollution).

3.2 Trouble ou turbidité : en FTU

Elle représente la limpidité de l'eau, elle dépend de la présence de fines particules non organiques en suspension. Elle se mesure par comparaison à un étalon : goutte de mastic, formazine... La limite est de 2 FTU au robinet.

La couleur blanche de l'eau à la sortie du robinet est souvent due à la présence de bulles d'air en suspension dans l'eau (provoquées par le brise-jet), il suffit de la laisser reposer dans la carafe pour qu'elle retrouve sa clarté.

La couleur rouge de l'eau est souvent due à la présence de particules d'oxydes ferriques dues à la corrosion des tuyauteries en fer et à une eau douce et agressive. C'est la brusque variation de la vitesse de l'eau dans les tuyauteries qui soulève les dépôts qui s'étaient formés.

3.3 Résistivité électrique R : en Ω·cm

Elle exprime la résistance de l'eau au passage du courant électrique : (en ohmmètre)

- eau du robinet : R = 2 000 à 10 000 Ω·cm ;
- eau chaude sanitaire : R = 1 à 5 MΩ·cm ;
- eau très pure : R = 20 MΩ·cm.

Le DTU fixe la valeur de résistivité de l'eau froide (considérée à 20 °C) à :

$$1\,500\ \Omega\cdot\text{cm} < R < 4\,500\ \Omega\cdot\text{cm}$$

3.4 Conductivité électrique σ : en µS/cm

La conductivité représente sa capacité à être conductrice (en microsiemens par centimètre), la résistivité représente l'inverse (son opposition au passage d'un courant électrique). Les deux valeurs sont liées. Si une eau à une forte conductivité, elle aura une résistivité très faible et inversement. On pourra trouver la correspondance suivante entre les deux valeurs :

- jusqu' à 200 µS/cm / plus de 5 000 Ω·cm ;
- plus de 1 000 µS/cm / moins de 1 000 Ω·cm.

Pour l'eau froide, on aura :

$$220\ \mu\text{S/cm} < \sigma < 650\ \mu\text{S/cm}$$

4 Caractéristiques chimiques de l'eau

4.1 Titre alcalimétrique (TA) – Titre alcalimétrique complet (TAC)

Il représente la teneur en hydroxyde OH^-, carbonates CO_3^{3-} et bicarbonates HCO_3. On distingue :

- titre alcalimétrique TA : $TA = OH^- + 1/2\ CO_3^{3-}$;
- titre alcalimétrique complet TAC : $TAC = OH^- + 1/2\ CO_3^{3-} + HCO_3^-$.

Pour l'eau naturelle, on a en général TA = 0.

Les eaux dont le TAC est supérieur à 20 °f sont généralement entartrantes ; celles dont le TAC est inférieur à 10 °f sont généralement corrosives.

Dans la pratique
Pour l'eau sanitaire, on doit avoir TAC > 8 °f.

4.2 Dureté de l'eau – titre hydrotimétrique (TH)

C'est un indicateur important qui permet de déterminer les risques d'entartrage. Il représente la teneur en calcium Ca^{++} et en magnésium Mg^{++} est directement lié à la nature géologique des terrains.

1 °f représente 4 mg de Ca^{++} ou 2,4 mg de Mg^{++} par litre d'eau.

TH < 10 °f Eau douce et corrosive = Eau agressive
10 °f < **TH** < 20 °f Minéralisation idéale 15 °f = Eau « normale »
20 °f < **TH** < 30 °f Dureté moyenne = Eau calcaire
30 °f < **TH** < 40 °f Eau dure (calcaire)
TH > 45 °f Eau très dure (très calcaire)
TH = 50 °f Dureté maximale
} = Traitement conseillé

Dans la majorité des cas, on a TH > TAC.

On peut distinguer la dureté temporaire (le TH est lié au TAC) et la dureté permanente (le TH est lié aux sels d'acide forts Cl^-, SO_4^{--}, NO_3^-).

Sous l'effet de la chaleur, les bicarbonates se décomposent en carbonates peu solubles qui provoquent la formation de tartre (dépôt blanchâtre), ce phénomène s'appelle l'entartrage.

Pour éviter l'entartrage, on évitera de chauffer l'eau à plus de 60 °C.

Le TH seul ne va pas déterminer l'entartrage, il faut aussi tenir compte de la conductivité (en µS : microsiemens par centimètre) et du pH de l'eau, on distinguera :

- une eau **douce** ou **aggressive**
  TH < 10 °f – pH < 6 et conductivité < 200 µS
  Elle va dissoudre le calcaire, le ciment et les métaux.

Elle favorisera les phénomènes de corrosion, et la dissolution du plomb et des métaux (cuivre…) contenus dans les tuyauteries, elle peut devenir impropre à la consommation. Dans ce cas, il est recommandé de laisser couler l'eau (pour évacuer le volume d'eau stagnant en contact avec les tuyauteries métalliques) avant de l'utiliser pour la consommation. **Une eau douce aura du mal à rincer le savon**.

- une eau **équilibrée**
  15 °f < TH < 20 °f – 6,5 < pH < 9 et 200 < conductivité < 1 000 µS
  Elle restera neutre par rapport à son environnement.
- une eau **entartrante**
  TH > 30 °f – pH élevé – conductivité > 1 000 µS
  Elle favorisera des dépôts de calcaire.

On parle d'**eau dure** sur les sanitaires, dans les tuyauteries, sur les éléments chauffants, elle cuit mal les légumes, **les savons auront du mal à mousser** (il faudra en utiliser plus).

On enlève les dépôts de calcaire visible, par brossage ou par trempage dans du vinaigre blanc. Pour les dépôts dans les tuyauteries, on effectuera un traitement par ultrasons ou avec des produits spécifiques (qualité alimentaire), suivi d'un rinçage des tuyauteries. Ces opérations devront être réalisées de préférence par une entreprise spécialisée, ou en respectant les consignes d'emploi des produits.

Pour éviter les dépôts, on traitera l'eau avec un adoucisseur ou un système antitartre (électrique ou magnétique) et on évitera les températures trop élevées.

4.3 Phénomènes d'entartrage

L'entartrage (précipitation de sels sous la forme solide) intervient principalement lorsque la température augmente. Les différents sels (carbonates de calcium, sulfates de calcium, silice…) contenus dans l'eau pourront précipiter (passer sous la forme solide) et former des dépôts plus ou moins durs et adhérents.

Le carbonate de calcium précipite selon la réaction suivante :

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + CO_2 \uparrow + H_2O$$

Dans un échangeur thermique (corps de chauffe, paroi de chaudière...), l'eau est en contact avec une paroi très chaude. Sa température au contact de la paroi est donc très élevée, ce qui favorise la formation de tartre et le dégagement de CO_2 sous forme de gaz (figure 4.2).

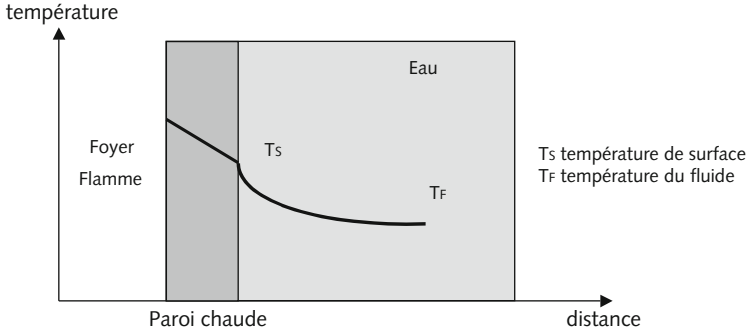


Figure 4.2 – Transfert thermique à travers une paroi chaude

Le tartre qui va se déposer sur la paroi se comporte comme un isolant, il va diminuer l'échange thermique. La température de surface diminue, donc la puissance de l'échangeur diminue, la température de l'eau produite est plus faible. On a une perte d'efficacité de l'échangeur, le rendement de l'appareil baisse.

Tableau 4.3 – Perte d'efficacité due au tartre (documentation Frisquet) (diminution de la capacité d'échange thermique d'une canalisation)

Épaisseur du tartre (mm)	Perte d'efficacité (%)
0,4	4
0,8	7
1,6	11
3,2	18
4,8	27
6,35	38
9,53	48
12,7	60
15,9	74
19,05	90

De la même manière, le tartre réduit le diamètre de la tuyauterie, ce qui réduira les performances de l'installation. Pour prendre un exemple, une canalisation de diamètre intérieur à 40 mm aura un débit de 1,3 l/s pour une vitesse de 1 m/s (les pertes de charges seront de 0,06 mCE/m). Si le dépôt de tartre est de 5 mm, son diamètre intérieur sera réduit à 30 mm ; en supposant que la vitesse reste constante, le débit ne sera plus que de 0,7 l/s (les pertes de charges supérieures 0,08 mCE/m).

Soit une baisse de débit de 46 % et une augmentation des pertes de charges de 33 %.

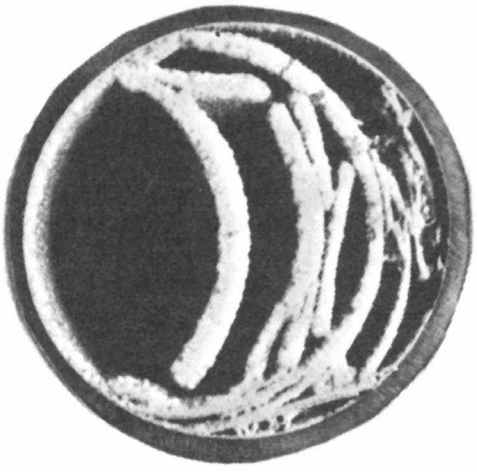
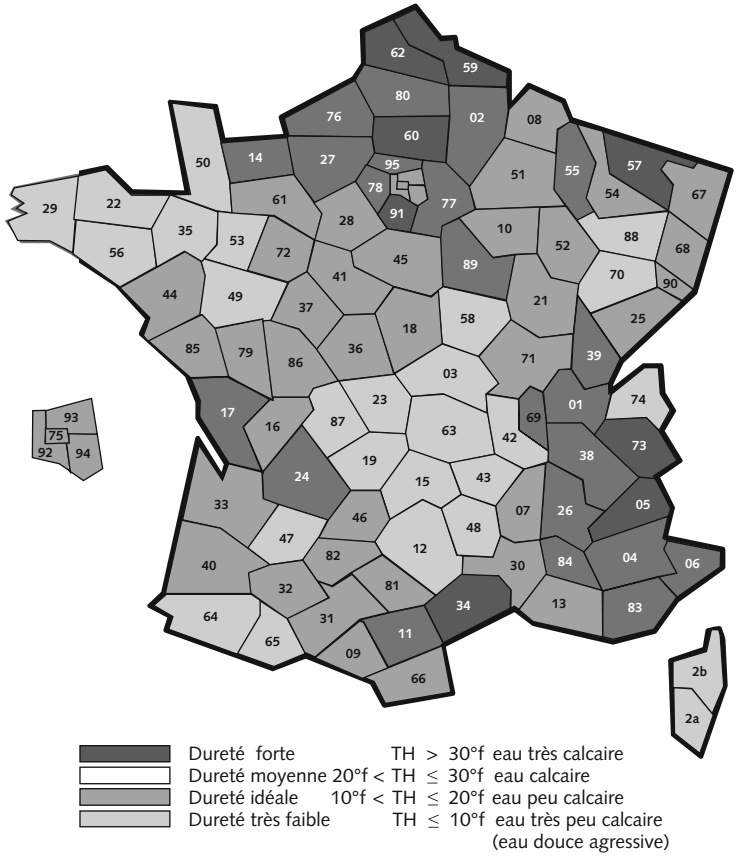


Figure 4.3 – Dépôts de couches calcaires par des eaux dures. Tuyaux en polvinyle de 32 mm (XII^{e} congrès de la plomberie, La Haye)

Les valeurs de la figure 4.4 sont des valeurs moyennes.



Dureté forte TH > 30°f eau très calcaire
Dureté moyenne 20°f < TH ≤ 30°f eau calcaire
Dureté idéale 10°f < TH ≤ 20°f eau peu calcaire
Dureté très faible TH ≤ 10°f eau très peu calcaire (eau douce agressive)

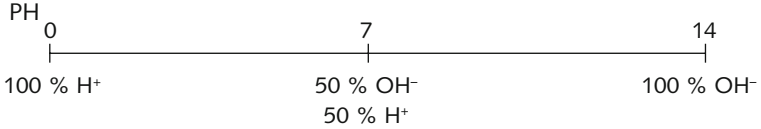
Figure 4.4 – Carte de la dureté de l'eau en France

Par exemple sur le département des Alpes-Maritimes, la dureté de l'eau selon les communes varient de très peu calcaire à très calcaires (source DRASS PACA).

On peut aussi réaliser un test de TH avec un réactif liquide ou des bandelettes vendues en magasins spécialisés (piscine, aquariophilie, grossiste...) ou en pharmacie.

4.4 Acidité – pH

Le pH représente la concentration de H^+ et OH^-. Le pH d'une solution varie entre 0 et 14 :



Quand le pH augmente de 1, la concentration de H^+ est divisé par 10.

Une solution avec un pH de 3 est 1 000 fois plus acide qu'une solution avec un pH de 6.

Le pH idéal d'une eau d'alimentation doit être compris entre 6,5 et 6,8. La norme impose un pH compris entre 6,5 et 9.

Une eau trop acide attaque les métaux et matériaux qui se retrouvent dissous dans l'eau (c'est le cas notamment du plomb ce qui provoque le saturnisme).

Une eau trop basique est dite incrustante, elle dépose du calcaire dans les conduites.

4.5 Titre en chlorure (TCl)

Il représente la teneur en ions chlorure de calcium, de sodium, de magnésium..., qui laissent supposer une pollution de l'eau par infiltrations d'eaux usées.

La présence de chlorure rend l'eau corrosive (par piqûre). La concentration ne doit pas être supérieure à 250 mg/l (selon l'OMS). En Europe, l'eau destinée à la consommation humaine ne doit pas dépasser 25 mg/l.

4.6 Titre en sels et acides forts (SAF)

Il représente la concentration en ions chlorures Cl^-, sulfates SO_4^{--} et nitrates NO_3^- :

$$SAF = Cl^- + SO_4^{--} + NO_3^-$$

4.7 Teneur en silice SiO_2

La silice est à l'état dissous ou colloïdal, elle s'exprime en mg/l.

4.8 Teneur en plomb

Le plomb est un métal qui provoque par ingestion une maladie appelée le saturnisme. Sa concentration maximum est strictement réglementée (directive européenne du 03/11/1998) :

- elle était de **25 µg/l** (depuis 2003) ;
- elle doit être inférieure à **10 µg/l** depuis 2013.

4.9 Teneur en fluor

Le fluor, présent dans les roches, va se dissoudre dans l'eau qui les traverse. Au-delà de 2 mg/l, il devient toxique et provoque des tâches sur l'émail des dents ainsi que des douleurs et des déformations osseuses et articulaires.

La teneur en fluorures dans l'eau de consommation humaine doit être inférieure à **1,5 mg/l** (au 25 novembre 2014). Lorsque la teneur en fluor est très faible (< 0,5 mg/l), un complément sous forme alimentaire peut être envisagé après avis médical.

4.10 Teneur en nitrates

Les nitrates, qui proviennent principalement des engrais utilisés en excès, provoquent chez l'homme des problèmes sanguins qui réduisent l'oxygénation des tissus.

Leur teneur dans l'eau de consommation humaine doit être inférieure à **50 mg/l** (au 25 novembre 2014).

4.11 Teneur en pesticides

Les pesticides (produits phytosanitaires) sont dangereux à fortes doses, on connaît mal leurs actions à faibles doses sur la santé humaine. Ils proviennent de l'agriculture, mais aussi de l'utilisation massive faite par les particuliers.

Leur teneur dans l'eau de consommation humaine doit être inférieure à **0,1 µg/l** par substance et inférieurs à **0,5 µg/l** pour l'ensemble des substances (au 25 novembre 2014).

5 Corrosion

Une eau corrosive est une eau qui dissout les métaux (figure 4.5).

Figure 4.5 – Tuyauterie corrodée par l'eau douce

En règle générale, l'expérience a permis de faire les constatations suivantes :

- les eaux douces, surtout lorsqu'elles contiennent de l'acide carbonique, sont plus corrosives que les eaux dures ;
- les eaux souterraines sont plus corrosives que les eaux de surface ;
- les eaux filtrées sont plus corrosives que les eaux non filtrées ;
- la présence d'eau de mer, de chlorure ou de nitrates augmente l'action corrosive de l'eau ;
- l'eau chaude est plus corrosive que l'eau froide.

On distingue principalement deux types de réactions de corrosion :

- la corrosion de type électrolytique (c'est le type de réaction que l'on retrouve dans la corrosion galvanique lorsqu'il y a présence de deux métaux différents) ;
- la corrosion par aération différentielle.

Dans les deux cas, il va se former une pile électrochimique avec une cathode (formation de cations +) et une anode (formation d'anions –) qui vont progressivement se déplacer au fur et à mesure de l'évolution de la corrosion.

5.1 Corrosion de type électrolytique

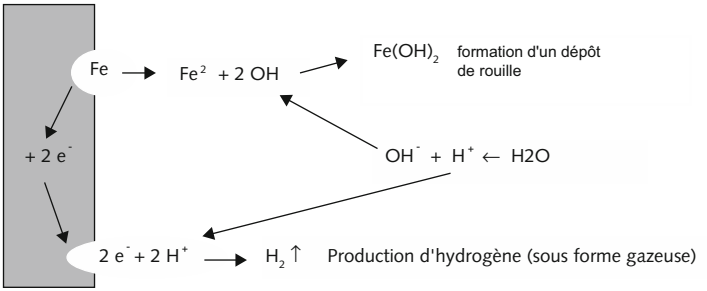


Figure 4.6 – Corrosion de type électrolytique

En cas de présence d'oxygène dissous, on aura : $4\ e^- + O_2 + 2\ H_2O \rightarrow 4\ OH^-$ ce qui accentuera le processus de corrosion.

Quel que soit le métal, le processus de corrosion est toujours le même (figure 4.6).

5.2 Corrosion par aération différentielle

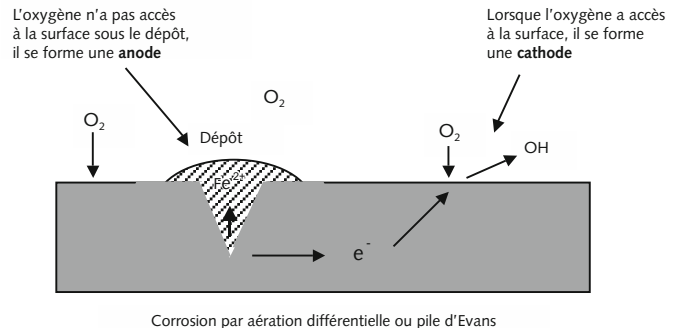


Figure 4.7 – Corrosion par aération différentielle ou pile d'Evans

Dans les réseaux ouverts, l'eau est saturée d'oxygène, il faut donc maintenir propre les surfaces métalliques pour éviter la corrosion par aération différentielle (figure 4.7).

5.3 Pile galvanique

En présence de différents métaux, il se formera une pile galvanique, le métal le moins « noble » (qui a le potentiel le plus faible) se comportera comme une anode et subira la corrosion (figure 4.8).

Figure 4.8 – Exemple d'oxydation sur une tuyauterie

On peut classer les métaux en fonction de leur potentiel (figure 4.9).

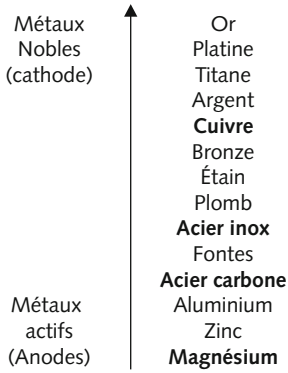


Figure 4.9 – Classement des métaux en fonction de leur potentiel

Lorsque l'eau circule dans un réseau ouvert (distribution d'eau froide), constitué de différents métaux, il faut que le métal le moins noble soit avant le métal le plus noble (exemple : raccordement d'une tuyauterie de robinetterie en cuivre après une tuyauterie galvanisée – zinc).

Sur les circuits fermés (bouclage ECS), il ne faut pas faire coexister le cuivre et l'acier galvanisé.

■ Cas particulier de l'acier galvanisé

C'est un acier au carbone recouvert de zinc. Le zinc, moins noble, se comporte comme une anode et se dégrade, il protège le fer.

Cette protection ne fonctionne pas au-dessus de 60 °C, il ne faut pas utiliser des tubes en acier galvanisé au-dessus de 60 °C sans contrôle de la qualité de l'eau.

■ Acier chromé (inox)

En cas de rayure, c'est l'acier qui se comporte localement comme une anode, il se forme des piqûres, il faut donc faire attention lors de la mise en œuvre des tuyauteries. En cas de raccordement entre une tuyauterie en acier galvanisé et une tuyauterie inox, la tuyauterie en acier galvanisé se dégradera plus rapidement (le zinc étant moins noble que l'inox).

■ Copeaux ou particules de cuivre dans les tuyauteries

La présence de cuivre en circulation dans l'eau va provoquer, en cas de dépôt sur une tuyauterie en fer, une pile localisée et la formation de piqûres. Il faut donc nettoyer les tuyauteries en cuivre lors de l'ébavurage et bien rincer l'installation.

Une tuyauterie en cuivre se place toujours en aval (après) une tuyauterie en fer.

Les risques de corrosion impliquent une surveillance plus accrue des réseaux pour préserver la qualité de l'eau et l'ensemble de l'installation (notamment pour les tubes acier).

Dans la pratique

Le DTU 60.1 dit :
Une installation de distribution **d'eau froide** en acier galvanisé doit être protégée contre la corrosion si l'eau véhiculée, considérée à 20 °C, se trouve dans une ou plusieurs des conditions ci-dessous :

- Résistivité inférieure à 1 500 Ω·cm ou conductivité supérieure à 650 µS/cm.
- Résistivité supérieure à 4 500 Ω·cm ou conductivité inférieure à 220 µS/cm.
- Titre alcalimétrique complet ou TAC au méthylorange inférieur à 1,6 méq/l (8 °f).
- Oxygène dissous inférieur à 4 mg/l.
- CO_2 libre supérieur à 30 mg/l.
- CO_2 agressif supérieur à 5 mg/l.
- Calcium en Ca^{++} inférieur à 1,6 méq/l (8 °f).
- Sulfates en $SO4^{-}$ supérieurs à 3,12 méq/l (150 mg/l ou 15,6 °f).
- Chlorures en Cl^{-} supérieurs à 2,82 méq/l (100 mg/l ou 14,1 °f).

Si une ou plusieurs de ces conditions est vérifiée, l'usage des tuyauteries en acier galvanisé est interdit sans traitement.

Une installation de distribution d'**eau chaude** en acier galvanisé doit être protégée contre la corrosion si l'eau véhiculée, considérée à 20 °C, se trouve dans une ou plusieurs des conditions ci-dessous :

- Résistivité inférieure à 2 200 Ω·cm.
- Résistivité supérieure à 4 500 Ω·cm.
- Titre alcalimétrique complet ou TAC au méthylorange inférieur à 1,6 méq/l (8 °f).
- CO_2 libre supérieur à 15 mg/l.
- Calcium en Ca++ inférieur à 1,6 méq/l (8 °f).
- Sulfates en $SO4^{-}$ supérieurs à 2 méq/l (96 mg/l).
- Chlorures en Cl^{-} supérieurs à 2 méq/l (71 mg/l).
- Sulfates et chlorures supérieurs à 3 méq/l (15 °f).

Si une ou plusieurs de ces conditions est vérifiée, l'usage des tuyauteries en acier galvanisé est interdit sans traitement.

Dans le cas d'une installation de distribution d'eau chaude, lorsque la protection de cette installation contre la corrosion est réalisée par un traitement de l'eau et lorsque l'eau chaude distribuée est obtenue par mélange, la totalité des eaux destinées à être mélangées doit être traitée.

On voit par ce rapide exposé que le problème du traitement de l'eau est difficile puisque l'excès ou le manque total de gaz carbonique n'est pas recommandé et que de nombreux facteurs interviennent dans les processus de corrosion. Il faudra donc dans tous les cas effectuer une analyse sérieuse de l'eau et consulter les constructeurs d'appareils de traitement pour trouver le modèle le plus adapté à l'eau présente dans l'installation.

6 Biologie des circuits ouverts ou fermés

Dans une grande majorité des cas, les organismes vivants (algues, bactéries, champignons) sont détruits par les hautes températures. Mais le développement de réseaux de chauffage à basse température ou les réseaux de refroidissements créent des conditions favorables au développement de ces micro-organismes.

Leur présence entraînera la formation de dépôts ou de boues qui vont favoriser l'encrassement et la corrosion par aération différentielle. Leurs activité provoquera une modification du milieu par apparition d'acides, une modification du pH et des réactions chimiques nuisibles aux installations.

6.1 Bactéries et légionelles

Elles se développent dans presque tous les milieux : avec ou sans oxygène, pH acide ou basique, de 0 à plus de 45 °C, avec ou sans lumière...

Leurs interactions sont complexes. Elles seront à l'origine de dépôts vaseux noir ou rouge-brun, de la formation d'acide... On cherchera dans tous les cas à réduire ou supprimer leurs présence en protégeant les installations lors de la mise en œuvre (tuyauterie bouchonnées, protections, nettoyage...) ou en utilisant des produits de traitement adaptés.

■ Cas particulier : *Legionella pneumophila*

La bactérie a été identifiée lors d'un congrès d'anciens combattants (des légionnaires) dans un hôtel en Amérique en 1976, où elle a provoquée plus de 200 pneumonies aiguës et de nombreux décès. On découvrit des bactéries dans le système de climatisation et on leur donna le nom de légionelles.

La légionelle se manifeste de deux manières :

- *la fièvre de Pontiac* : après une incubation de 1 à 4 jours, forte fièvre, douleurs musculaires, maux de tête et parfois troubles intestinaux ;
- *la maladie du légionnaire*, appelée aussi *légionellose* : après 2 à 10 jours d'incubation, forte fièvre, douleurs musculaires, maux de tête, diarrhée,

toux, insuffisance rénale, confusion et désorientation, léthargie… tous les symptômes de la pneumonie.

La bactérie va obstruer les alvéoles pulmonaires.

La maladie ne s'attrape pas en buvant de l'eau contaminée, ni par transmission d'homme à homme. Les microgouttelettes en suspension dans l'air (douche ou système de traitement d'air) vont être inspirées dans les poumons et provoquer une infection pulmonaire mortelle pour les personnes déjà affaiblies : 11,9 % de décès en 2016 (source : www.sante.gouv.fr).

Le nombre de cas recensés reste important (1 218 cas en 2016, source : www.sante.gouv.fr), la prise en compte du risque légionelle est à intégrer dans sa pratique professionnelle.

La déclaration des cas de légionelle est obligatoire en France.

Les installations à risque sont toutes les installations qui comportent un chauffage modéré de l'eau et une nébulisation (formation de fines gouttelettes) c'est-à-dire : tous les bâtiments collectifs, d'hébergement ou de soins comportant des réseaux de climatisation (humidificateur, bac à condensat, filtres, silencieux, séparateurs de gouttes…), les réseaux sanitaires (tuyauteries, réservoirs, flexibles et pommeaux de douche.), les réseaux de sécurité (système incendie, douche de décontamination…), les piscines, les spas, les thermes, les fontaines ou cascades, les tours de refroidissement (humide à circuit ouvert ou fermé : évapo-condenseurs…), les réseaux de refroidissement de machines outils… Bref, tous les lieux où les réseaux d'eau chaude sont importants et où l'eau peut être vaporisée en fines gouttelettes.

Dans la pratique

La légionelle est naturellement présente dans l'eau. Elle se développe dans l'eau entre 25 et 45 °C, mais elle est présente dans toutes les eaux qui ont une température inférieure à 50 °C. Sa croissance est maximum à 37 °C (température d'une douche).
Elle est détruite par traitement chimique (choc chloré) ou par choc thermique :

- 50 °C : croissance stoppée, destruction de 90 % des bactéries en 2 heures.
- 55 °C : destruction en plusieurs heures.
- 60 °C : destruction en 32 minutes.
- 66 °C : destruction en 2 minutes.
- ≥ 70 °C : destruction instantanée des bactéries.

■ Mesures de prévention

Ce sont les plus importantes car l'efficacité des mesures curatives reste limitée dans le temps :

- Assurer une bonne circulation de l'eau dans tout le réseau (éviter les bras morts, maintenir des débits suffisants pour avoir un régime turbulent, éviter l'eau qui stagne...).
- Éviter l'entartrage des réseaux et la corrosion qui créent des « abris » favorables au développement de la bactérie (des bio-films).
- Mitiger l'eau au plus près du point de puisage.
- Maintenir des températures suffisantes sur tout le réseau :
  - > 50 °C en tout point du réseau d'ECS ;
  - sortie échangeur > 55 °C ;
  - stockage ballon > 60 °C au moins une fois par jour.

Dans l'usage du bâtiment :

- Faire couler l'eau 1 à 2 minutes une fois au moins par semaine à tous les points de puisage ainsi qu'après une absence prolongée.
- Purge régulière du fond des ballons de stockage.
- Nettoyage régulier des mousseurs des robinetteries.

Le cuivre des tuyauteries limite naturellement le développement des légionelles.

■ Mesures curatives

Il existe de nombreux procédés (chloration, ions de cuivre ou d'argent, bactéricides, ozone, filtrage, ultraviolets, chocs thermiques…), tous présentent des inconvénients, des risques lors de la mise en œuvre et sont coûteux, il faudra étudier la question avec des spécialistes du traitement de l'eau.

Les chocs chlorés ou thermiques n'auront qu'un effet ponctuel. Ils nécessitent beaucoup de main-d'œuvre pour éviter les brûlures durant les opérations et endommagent les réseaux (détachement du calcaire, concentration de chlore élevée…).

Il faut faire circuler l'eau dans toutes les parties du réseau à une température de 70 à 75 °C pendant une 1/2 heure et laisser couler l'eau à tous les points de puisage.

Des procédés de pasteurisation ont étés mis en place pour surchauffer l'eau à 70 °C et détruire systématiquement les légionelles avant de

distribuer l'eau dans les réseaux. L'eau introduite dans le réseau est ainsi débarrassée des légionelles.

C'est donc à la conception de l'installation qu'il faut prendre en compte le risque de la légionelle.

Dans la pratique

Si l'eau est maintenue à une température supérieure à 50 °C en tout point du réseau, il y a destruction des légionelles.

Le niveau d'alerte est fixé à 1 000 UFC/l (Unité Formant Colonie) dans le cas général et à 100 UFC/l pour les locaux à risque (hôpitaux...).

Toutes les installations susceptibles de provoquer le développement de cette bactérie doivent faire l'objet d'un contrôle régulier et d'une maintenance particulière, le personnel devra porter une protection respiratoire.

De nombreux textes, circulaires et décrets font référence sur le risque légionelle et sont en constante évolution. Il faudra consulter les circulaires de la Direction générale de la Santé ainsi que les guides de bonnes pratiques et les recommandations du CSTB.

Il faut noter :

- « les propriétaires d'immeubles doivent maintenir les installations collectives de distribution d'eau en bon état d'entretien et de fonctionnement… Les dispositifs de protection et de traitement doivent être vérifiés et entretenus tous les six mois. »
- « Au lieu de leur mise à disposition de l'utilisateur, les eaux destinées à la consommation humaine doivent satisfaire aux exigences de qualité... elles ne doivent pas présenter de signe de dégradation de leur qualité. »

Les différentes circulaires de la direction générale de la santé précisent : « Quiconque offre au public de l'eau en vue de l'alimentation humaine… Sous quelque forme que se soit… est tenu d'assurer que cette eau est propre à la consommation. »

Il y a donc une obligation de diagnostic des réseaux, de mise en place de mesures d'entretien et de contrôle.

Si le taux de légionelles est :

- < 1 000 UFC/l, le suivi des installations doit être assuré ;
- de 1 000 UFC/l, des actions de contrôle et d'entretien doivent être réalisées ;
- > 1 000 UFC/l, arrêt des installations et actions curatives.

Pour plus d'informations, on consultera le guide technique *Maîtrise des risques de développement des légionelles dans les réseaux d'eau chaude sanitaire*, aux éditions du CSTB, ainsi que le DTU 60.1.

Tous ces textes de référence doivent faire prendre conscience de la responsabilité civile et pénale de tous les intervenants. Le rôle et les responsabilités de chacun doivent être clairement définis (bureau d'étude, installateur, exploitant, propriétaire, technicien de maintenance…).

Une recherche en responsabilité pourra être engagée envers tous les intervenants sur la base du Code civil (responsabilité décennale, responsabilité pour risque connu, responsabilité pour faute dans l'entretien des installations, responsabilité pour obligation de sécurité à l'égard des utilisateurs…), du Code pénal (responsabilité pour atteinte involontaire à l'intégrité des personnes, responsabilité pour mise en danger d'autrui…), du Code de la consommation (obligation de sécurité, d'information et de conseil, délit de pollution de l'eau, délit de pollution de l'air…).

Le risque légionelle est à prendre au sérieux.

Lors de l'intervention sur une installation comprenant un risque de présence de légionelles, il faudra porter un masque de protection de type P3SL pour éviter d'être contaminé.

6.2 Algues

Vertes ou brunes, elles vivent dans un milieu dont le pH est compris entre 4,5 et 9,5 pour des températures allant de 18 à 40 °C. Elles vont provoquer un encrassement et des dépôts qui pourront colmater les tuyauteries, elles favorisent parfois l'acidification du circuit.

On les retrouvera dans les circuits de plancher chauffant par exemple.

Dans les circuits de chauffage, on utilisera des produits de traitement préventif pour limiter les risques de développement d'algues.

6.3 Champignons et moisissures

Ils se développent dans des milieux humides dont le pH est compris entre 2 et 8 et ils détruisent la cellulose (papier, carton, bois...). Ils vont créer des corrosions par aération différentielle et vont rendre opaque le verre.

On les rencontrera aussi sur les surfaces extérieures sur lesquelles se produisent des condensations répétées (tuyauterie mal isolée, tuyauteries d'eau froide…).

7 Traitements de l'eau

L'épuration naturelle (qui se fait en dehors de l'action de l'homme) consiste en l'exposition de l'eau à l'influence des rayons du soleil, la décantation et le dépôt au fond de matières en suspension, le brassage de l'eau dans les remous et les courants du fleuve, le passage des eaux de ruissellement au travers des différentes couches de terrain qui filtrent l'eau et la chargent en minéraux.

L'ébullition (qui consiste à porter l'eau à une température supérieure à 100 °C pour la faire bouillir) ne doit être employée qu'en dernier recours car elle rend l'eau indigeste et facilement putrescible. De plus, elle modifie la qualité (précipitation du bicarbonate).

Une notice d'exploitation doit être affichée à proximité de chaque appareil de traitement de l'eau (DTU 60.1).

7.1 Floculation – décantation – filtration

Le choix du système de filtration dépendra des débits à traiter et des caractéristiques du filtre (matériaux, granulométrie, finesse de filtration...).

Une fois l'eau filtrée (pour les grosses particules), il reste des matières en suspension dans l'eau. Ces matières sont chargées négativement et se repoussent entre elles.

Pour neutraliser ces charges électriques négatives, on va introduire un produit de traitement (le floculant) fortement chargé positivement (chlorure ferrique ou sulfate d'alumine qui vont former des ions Fe^{3+} ou Al^{3+}). On aura une coagulation des particules entre elles pour former un amas filtrable. Cette opération s'appelle une **floculation.**

Les particules forment des amas plus lourd qui vont se déposer par **décantation** au fond du bassin où elles seront évacués par vidange des boues qui se sont formées. On réduit ainsi le temps de décantation qui sera compris entre 20 min et 6 h (figure 4.10).

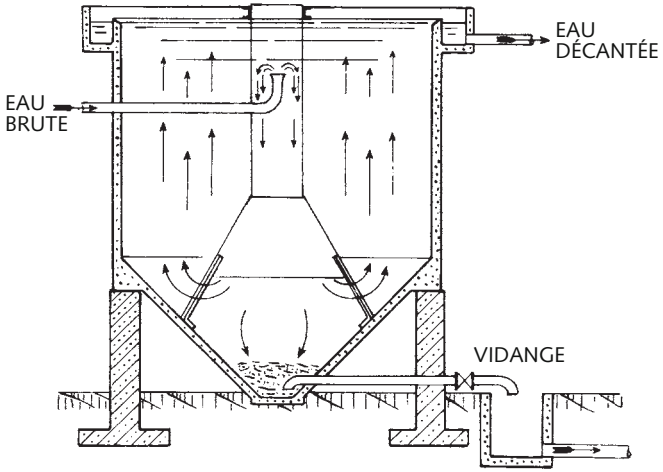
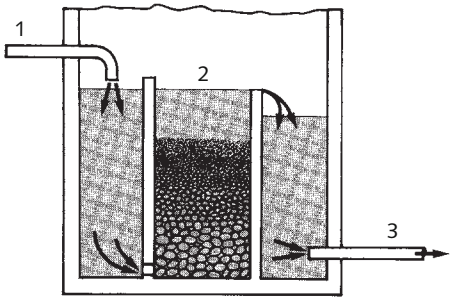


Figure 4.10 – Décanteur Dégremont : débit 20 m³/h, spécial pour épuration par voie chimique (cylindro-conique)

On filtre ensuite l'eau pour éliminer les particules restées en suspension et obtenir la turbidité souhaitée (figure 4.11).



Filtre 4.11 – Filtre calcaire

La filtration est une opération purement physique, elle ne modifie pas les caractères chimiques de l'eau. Les filtres se nettoient en inversant le sens de passage avec une évacuation à l'égout ou par insufflation d'air à basse pression.

7.2 Usine de traitement de l'eau potable

On traite l'eau captée dans des usines de traitement pour la rendre potable. Diverses opérations sont réalisées (figure 4.12) :

- le **dégrillage** ou **tamisage** : pour les eaux de surface afin d'éliminer les éléments les plus gros ;
- **l'oxydation** : à l'aide de chlore ou d'ozone, elle permet de détruire les matières organiques ;
- la **clarification** : l'eau passe dans des bassins de décantation (à vitesse réduite), les particules lourdes se déposent au fond du bassin. On provoque l'agglomération des particules entre elles à l'aide d'un floculant ou d'un coagulant ;
- la **filtration** : à travers du sable ou du charbon, elle permet de retenir les particules trop fines pour se déposer lors de la clarification ;
- la **désinfection** ou **stérilisation** : elle permet d'éliminer les micro-organismes (bactéries, virus…) grâce à du chlore, de l'ozone ou des rayonnements ultraviolets ;
- les traitements particuliers : à base de charbon actif ou d'autres procédés, ils visent à éliminer les pesticides, métaux lourds, odeurs ou goûts désagréables… qui pourraient rester dans l'eau ;
- la **chloration** : quel que soit le traitement de désinfection, elle est réalisée avant d'injecter l'eau dans le réseau afin de garantir sa qualité pendant le transport dans les tuyauteries et d'éviter le développement de micro-organismes.

Une fois traitée, l'eau est stockée dans des réservoirs situés en hauteur.

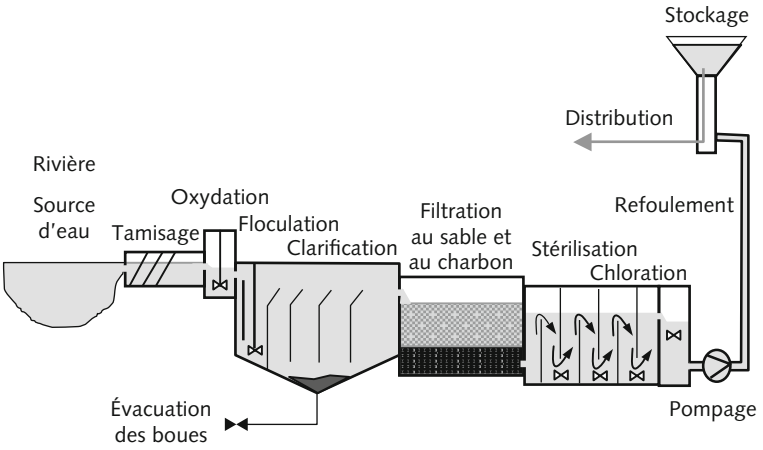


Figure 4.12 – Usine de traitement de l'eau potable

7.3 Filtration individuelle

Lorsque la qualité de l'eau au robinet est insuffisante (présence de matières en suspension : sable, rouille…), on utilisera des filtres individuels à tamis ou à cartouche (figure 4.13) qui nécessitent un entretien régulier (nettoyage et/ou remplacement du filtre).

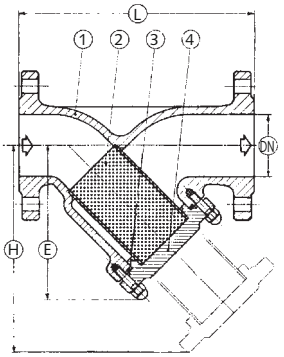


Fig. 4.12 Filtre à cartouche Piel.
1 Corps
2 Cartouche filtrante
3 Joint Chapeau
4 Chapeau à bride

Figure 4.13 – Filtre à cartouche Piel

■ Élimination de l'oxygène

Sur les réseaux d'eau chaude sanitaire, l'apport en oxygène est permanent, il faut prévoir des dispositifs pour évacuer l'oxygène dissous dans l'eau. On installera un dégazeur qui permettra aux microbulles d'oxygène de s'agglutiner pour grossir et être évacuées par le purgeur. Les dégazeurs seront placés à tous les endroits où l'oxygène dissous peut se vaporiser :

- lorsque la pression diminue : à la sortie d'un détendeur ;
- aux point hauts des ballons de production d'eau chaude et des colonnes de distribution ;
- lorsque la température augmente : à la sortie des réchauffeurs ou après la vanne thermostatique.

Les dégazeurs permettent de réduire la vitesse de l'eau et de laisser le temps aux microbulles de remonter vers le purgeur. Ces dispositifs sont décrits au chapitre 18 sur les installations de chauffage.

7.4 Traitement par résines – adoucisseur

Lorsque l'eau est trop dure, on réduit son TH par traitement dans un adoucisseur. L'adoucisseur est un appareil qui contient des **résines échangeuses d'ions** de type cationique qui se présentent sous la forme de bille de 1 mm de diamètre qui vont retenir les ions calcium et magnésium (Ca^{2+} et Mg^{2+}) et limiter la formation de calcaire en baissant la dureté de l'eau (figure 4.14).

L'échange s'effectue avec des ion sodium (Na^{+}) contenus dans la saumure produite dans le bac à sel.

Lorsque les résines sont saturées en magnésium et en calcium, elles sont rincées à l'aide de la solution concentrée en sodium (saumure). Ce rinçage augmentera la consommation d'eau d'environ 10 %.

L'adoucisseur modifie les caractéristiques chimiques de l'eau, il doit faire l'objet d'un contrôle et d'un entretien rigoureux. La présence de sodium rend cette eau déconseillée pour les personnes hypertendues, cardiaques, soumises à un régime sans sel, les femmes enceintes ou les nourrissons. Cette eau n'est donc pas recommandée pour la consommation humaine.

Pour les usages alimentaires, l'eau provenant du réseau public ne doit pas être modifiée (adoucissement, adjonction de produits...).

Une eau adoucie préservera l'installation d'eau chaude et les appareils électroménager des dépôts de calcaire (elle rendra le linge plus doux).

Attention

Dans un immeuble collectif d'habitation, il est obligatoire de disposer d'une eau froide non traitée. La pose d'un adoucisseur ne servira qu'a protéger l'installation d'eau chaude.

Schéma d'installation d'un adoucisseur

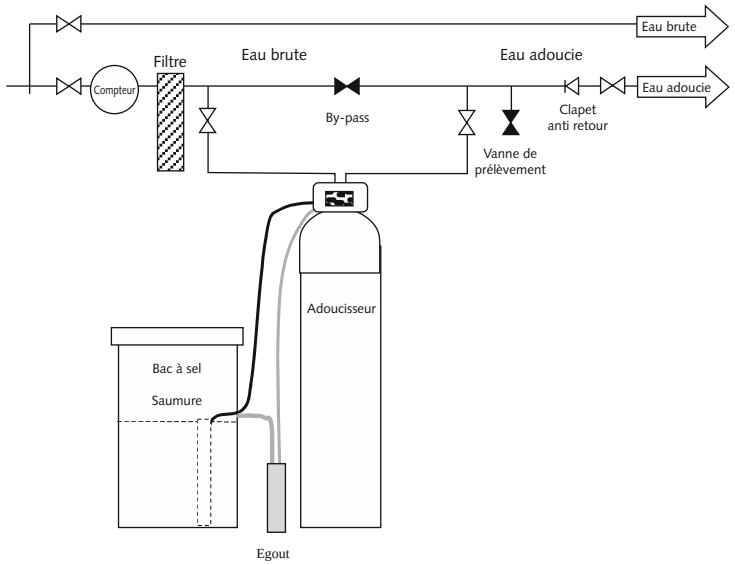


Figure 4.14 – Schéma d'installation d'un adoucisseur

On distingue les adoucisseurs :

- à cycle chronométrique : régénération régulière (horloge) ;
- à cycle volumétrique : régénération en fonction du volume consommé.

Aujourd'hui, on trouve des appareils « mixtes » qui gèrent à la fois le volume traité et les temps de fonctionnement pour maintenir la qualité de l'eau sur l'installation (pour éviter que l'eau stagne dans le bac à résine en cas de non-usage prolongé).

L'appareil se compose (figure 4.15) :
- d'une vanne de régulation ;
- d'une bouteille contenant les résines ;
- d'un compartiment pour le stockage du sel régénérant.

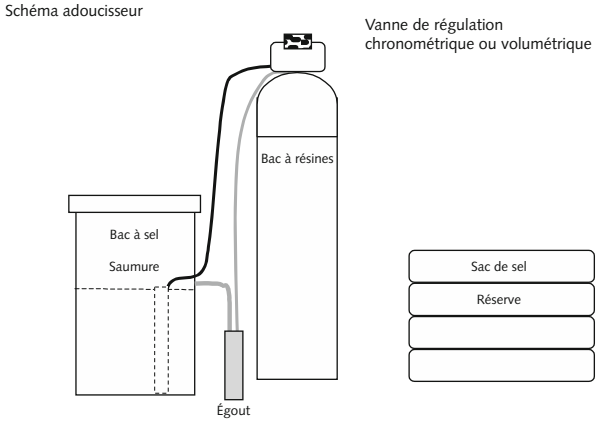


Figure 4.15 – Adoucisseur

Les différentes étapes dans le fonctionnement d'un adoucisseur sont gérées par un programmateur qui actionne les différentes vannes de l'appareil.

1. Détassage de la résine à contre-courant (il permet d'espacer les billes de l'adoucisseur).

2. Régénération de la résine par la saumure (solution salée fortement concentrée) qui est aspirée dans le bac à sel : les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} sont évacués à l'égout et les ions Na^{+} apportés par la saumure viennent se fixer sur la résine. Cette opération dure environ 2 h et est effectuée la nuit (figure 4.16).

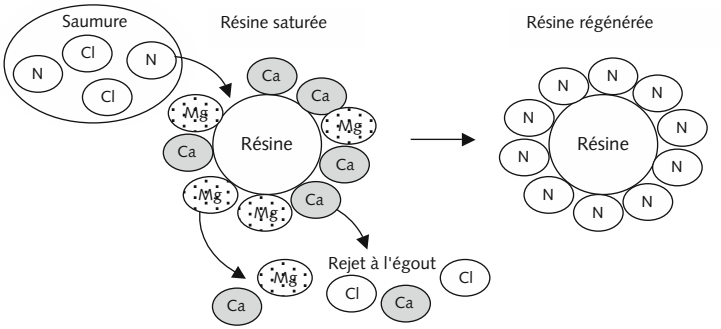


Figure 4.16 – Régénération de la résine (étape 2)

3. Rinçage rapide pour tasser la résine.

4. Rinçage lent pour éliminer toute trace de sel à l'intérieur de l'adoucisseur.

5. Envoi de l'eau dans le bac à sel pour reconstituer la **saumure**.

6. Traitement de l'eau: les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} se fixent sur la résine et libèrent des ions Na^{+} qui passent dans l'eau. Lorsque la résine est saturée, les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} restent dans l'eau (figure 4.17).

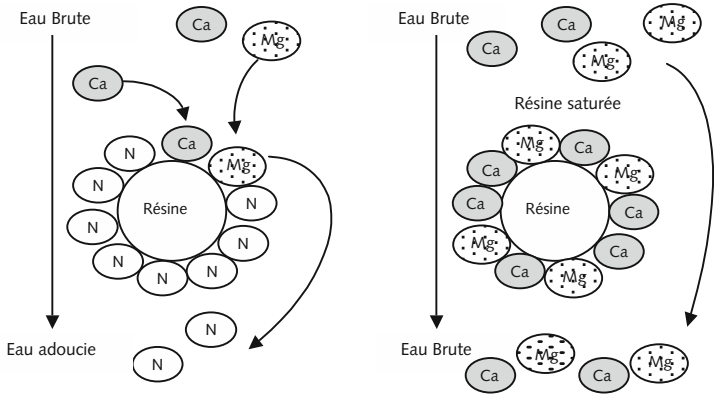


Figure 4.17 – Traitement de l'eau (étape 6)

Il faut éviter de saturer la résine lors du traitement, on devra donc dimensionner l'appareil en fonction du volume d'eau à traiter.

L'eau sort avec un TH = 0 °f de l'appareil. Une vanne mélangeuse (vanne de cépage) permet d'obtenir un TH compris entre 10 °f et 15 °f sur l'installation.

■ Choix d'un adoucisseur

Dans tous les cas il faudra se reporter aux préconisations du constructeur.

Il faut connaître :

- le **débit de pointe** d'eau à traiter (q_v en m^3/h) ;
- la **consommation journalière** d'eau adoucie ;
- le **TH** de l'eau à adoucir ;
- la **capacité d'échange** de la résine ou le **taux de régénération** (**TR**) en $°\cdot m^3$ (en général 1 l de résine peut retenir 5 à 6,5 $°\cdot m^3$) ;
- le **temps entre deux régénérations** : (**t**) supérieur à 8 h (temps de formation de la saumure).

À partir de ces éléments, on pourra calculer les éléments suivants.

Le volume de l'adoucisseur V (l) :

$$V = \frac{TH \times q_v \times t}{TR}$$

Exemple

Un hôtel traite son réseau d'eau chaude. L'eau brute a un TH = 35 °f, le débit de pointe est de 3 m^3/h, le temps entre 2 régénérations est de t = 8 h et le taux de régénération TR = 5 $°f\cdot m^3$. On aura :

$$V = \frac{35 \times 3 \times 8}{5} = 168 \text{ litres}$$

On choisira le modèle ayant une capacité directement supérieure, par exemple 200 l.

Le cycle de l'appareil : C (m^3)

C'est le volume d'eau traité entre 2 régénérations :

$$C = \frac{V \times TR}{TH}$$

Exemple

Pour l'exemple précédent, le volume d'eau traitable entre 2 régénération sera de :

$$C = \frac{200 \times 5}{35} = 28{,}57 \text{ m}^3$$

Il faudra éviter de dépasser ce volume d'eau traité car cela sature la résine et rend plus difficile la régénération.

Ce volume doit être supérieur à la consommation sur 24 heures pour limiter le nombre de régénérations.

La quantité de sel consommée par régénération : Q sel (kg)

Il faut 25 g de sel pour régénérer 1 litre de résine de 1 °f TH :

$$Q\ sel = \frac{25 \times TR \times V}{1000}$$

Exemple

Dans notre exemple, on aura :

$$Q\ sel = \frac{25 \times 5 \times 200}{1000} = 25 \text{ kg par régénération}$$

La périodicité d'entretien dépendra de la consommation de sel.

■ Entretien

L'entretien d'un adoucisseur est assez réduit mais indispensable. Au moins tous les 6 mois et au retour des grandes vacances :

- Vérifier le niveau de sel et en rajouter.
- Vérifier si la pendule est à l'heure.
- Faire une analyse de l'eau pour contrôler sa dureté (TH).
- Vérifier l'état d'encrassement de la cartouche du filtre à impuretés et la changer si nécessaire.
- Déclencher une régénération au retour des grandes vacances pour rincer l'eau qui a stagné dans l'appareil.

En résumé un adoucisseur n'est utile que s'il est entretenu.

7.5 Traitement magnétique

On trouve sur le marché des appareils de traitement du calcaire qui utilisent l'effet d'un champ magnétique (figure 4.18). Leur efficacité dépend de la force du champ magnétique.

Figure 4.18 – Appareil de traitement magnétique

Sous l'effet du champ magnétique, les molécules de calcaire se « déforment », elles ne peuvent plus se lier entre elles pour former du calcaire incrustant. Le calcaire toujours présent dans l'installation s'écoule avec l'eau du robinet mais ne se dépose plus dans les tuyauteries.

L'effet du champ magnétique sur les molécules de calcaire est limité dans le temps. Dans les ballons de production d'eau chaude (où l'eau stagne), cet effet peut se dissiper si le puisage n'est pas suffisant.

Le champ magnétique peut être produit par des aimants permanents ou par un bobinage électrique.

7.6 Traitement filmogène

Ce type de traitement est utilisé sur les gros réseaux de distribution.

L'introduction dans la canalisation de réactifs formant un film sur la surface intérieure (silicates ou polyphosphates alcalins, sels de zinc…) doit faire l'objet d'un dosage précis, une installation doit être contrôlée régulièrement.

Tout produit introduit dans une installation d'eau chaude sanitaire doit être conforme à la réglementation et avoir fait l'objet d'une autorisation.

7.7 Protection des cuves et des réservoirs par électrolyse

On trouvera ce type de protection sur les ballons de production d'eau chaude sanitaire.

La protection des matériaux métalliques est effectuée par la présence d'électrodes solubles ou non solubles :

- Électrode soluble : une électrode en aluminium ou en magnésium est introduite dans la cuve et reliée à un générateur de courant continu. L'électrolyse qui en résulte (dégradation de l'électrode) permet d'éviter la corrosion de la cuve. Les électrodes d'aluminium protègent l'installation contre les dépôts de calcaire et la corrosion, les électrodes en magnésium uniquement contre la corrosion.
- Électrode non soluble : des électrodes en titane sont soumises à un courant continu permanent ou par impulsion, ce courant électrique permet de protéger la cuve de la corrosion.

Dans la pratique

Il existe de nombreuses manières de traiter l'eau. Il faudra contrôler la qualité de l'eau afin de choisir l'appareil est le plus adapté.

Conditions de prélèvement d'une eaux aux fins d'analyse :

- utiliser un récipient à fond plat et à bouchon hermétique d'un volume utile de 1 l ;
- le nettoyer et le rincer avec l'eau à analyser ;
- le protéger de la lumière et l'envoyer immédiatement au laboratoire.

Un traitement d'eau n'a d'utilité que si un entretien est assuré et des contrôles effectués.

Tableau 4.4 – Modèle d'analyse d'eau selon NF T 90-000

Fiche de compte rendu d'analyse d'eau destinée à l'alimentation d'une habitation						
Nom : Adresse : Code postal : Ville : Origine de l'eau : rivière - barrage - forage - puits réseau public - autre à préciser :				Date du prélèvement : effectué par :		
				Date de l'analyse : effectuée par : Lieu :		
				Sur place	Laboratoire	
Température de l'eau			° C			
pH (à la température de l'analyse)						
Résistivité (à la température de l'analyse)			Ω cm			
Titre hydrotimétrique TH			°f			
Titre alcalimétrique complet TA à la phénolphtaléine			°f			
Titre alcalimétrique complet TAC au méthylorange			°f			
TAC après essais au marbre			°f			
pH après essais au marbre						
Oxygène dissous			mg/l			
CO_2 libre			mg/l			
CO_2 agressif calculé			mg/l			
Résistivité à 20 °C calculée			Ω cm			
Analyse ionique						
Cations				Anions		
		méq/l	mg/l		méq/l	mg/l
Calcium	Ca^{++}			Carbonate	CO_3^{--}		
Magnésium	Mg^{++}			Hydrogéno-carbonate	HCO_3^{-}		
Sodium	Na^{+}			Sulfates	SO_4^{--}		
Potassium	K^{+}			Chlorures	Cl^{-}		
Fer	Fe^{++}			Nitrates	NO_3^{-}		
Zinc	Zn^{++}			Silicates	$HSiO_3^{-}$		
Cuivre	Cu^{++}			Phosphates	HPO_4^{--}		
Aluminium	Al^{+++}						
Manganèse	Mn^{++}						
TOTAL				TOTAL			
Observation : Analyse complémentaire : ferro-bactéries – bactéries productrices H_2S – bactéries réductrices des sulfates						

5
RÉSEAUX DE DISTRIBUTION

Les réseaux de distribution s'organisent de la manière suivante :

- le captage et l'adduction d'eau ;
- le traitement dans une usine ;
- le renvoi de l'usine vers des réservoirs de stockage ;
- la distribution à partir de ces réservoirs vers les installations des consommateurs.

Le captage s'effectue à partir de sources en surface que l'on canalise vers des réservoirs accumulateurs d'eau ou à partir de puisage par pompage directement dans les nappes phréatiques. La prise d'eau en rivière se fait de manière directe lorsque le cours d'eau est important ou par l'intermédiaire d'un barrage et éventuellement d'un bassin de réserve lorsque le débit est peu abondant.

L'eau ainsi récupérée est amenée par gravitation ou par pompage vers les installations de traitement : filtration, décantation... (se reporter au chapitre 4 sur le traitement des eaux).

L'eau est ensuite stockée dans des réservoirs qui servent à régulariser la distribution ; ils se remplissent aux heures creuses et se vident aux heures de pointe. Pour déterminer leurs capacités, on se reportera à l'étude réalisée au chapitre 2 pour déterminer la consommation d'eau en litres par habitant et par jour en fonction de la taille de l'agglomération.

Les réservoirs sont placés sur les hauteurs afin d'assurer la pression de charge sur le réseau (pression statique). Lorsque le relief ne permet pas de placer ces réservoirs sur les hauteurs, l'eau sera stockée dans des réservoirs maçonnés surélevés que l'on appelle château d'eau. Dans les autres cas, l'eau sera maintenue sous pression à l'aide de pompes. La distribution se fait ensuite par un réseau qui peut être ramifié ou maillé.

1 Organisation de la distribution

1.1 Réseau ramifié

On utilise ce type de réseau dans les agglomérations rurales où la densité de population est faible et les distances à parcourir importantes. Il est plus économique à réaliser que le réseau maillé, mais chaque intervention de réparations sur le réseau provoque l'arrêt total de la partie située en aval (figure 5.1).

L'eau ne parcourt les canalisations que dans un seul sens.

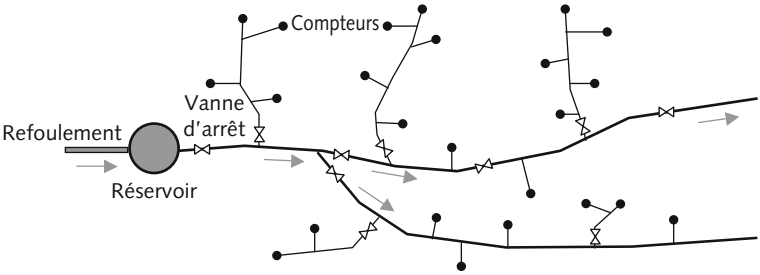


Figure 5.1 – Réseau ramifié

1.2 Réseau maillé

C'est le type de réseau utilisé dans les grandes agglomérations. L'eau peut circuler dans les deux sens, ce qui permet de diminuer le diamètre des conduites. Les interventions de réparations ne nécessitent la coupure d'eau que sur la partie concernée du réseau ce qui diminue la gêne causée aux utilisateurs (figure 5.2).

L'écoulement est plus régulier ce qui amortit les coups de bélier.

Les conduites secondaires sont elles aussi reliées à leurs deux extrémités aux conduites principales pour assurer une continuité de service en cas d'intervention.

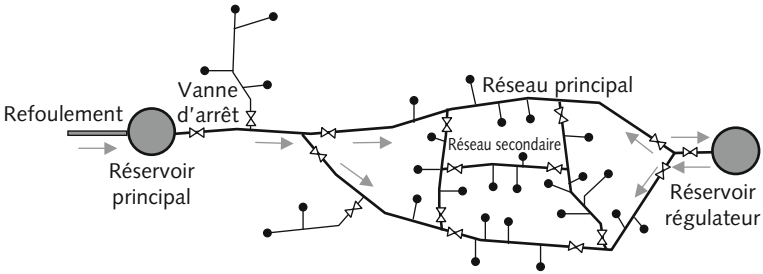


Figure 5.2 – Réseau maillé

1.3 Détermination du diamètre des canalisations de distribution des réseaux

Il s'agit d'amener la quantité d'eau nécessaire à tout point de puisage compte tenu de la position des réservoirs et des pertes de charge des tuyauteries. Chaque partie du réseau sera étudiée de manière précise afin de déterminer le débit d'eau nécessaire.

On prendra en compte les éléments suivants :

- **la vitesse** d'écoulement : elle sera comprise entre 0,30 m/s et 2 m/s (en dessous il faut craindre les dépôts dans les conduites, au-dessus les coups de bélier) ;
- **le débit de pointe** nécessaire : on calcule le débit sur 8 ou 10 heures au lieu 24 car on estime que l'on doit assurer toute la distribution pendant ces quelques heures, le débit de nuit n'étant pas significatif ;

Exemple

On prendra pour une commune de 3 000 habitants, sur la base de 150 l par habitant et par jour, un volume total de $3\,000 \times 150 = 450\,000$ l, soit un débit de :

$$\frac{450\,000}{10 \times 3\,600} = 12{,}5 \text{ l/s}$$

- le choix du **diamètre** de la tuyauterie : il se fera en fonction des **pertes de charge** calculées à partir des abaques.

Exemple

Pour un débit de 12,5 l par seconde et une vitesse de 1 m/s, le diamètre intérieur de la tuyauterie sera de 125 mm et la perte de charge de 0,015 mCE/m.

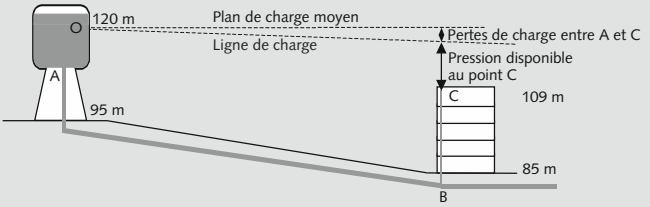


Figure 5.3 – Pression disponible au point B

Si l'altitude du plan de charge moyen (point O) est de 120 m, et que l'on souhaite avoir au point C (altitude 109 m) une pression de 1 bar (10 mCE), en fixant les pertes de charge de la distribution intérieure à 0,2 mCE, on effectuera les calculs suivant :
Pression au point C : 10 = Hmt OC – PdC AB – PdC BC
= 11 – PdC AB – 0,2.
on trouve : PdC AB = 11 – 0,2 – 10 = 0,8 mCE.
La perte de charge totale entre A et B ne devra pas dépasser 0,8 mCE. Si la longueur de AB est de 40 m, la perte de charge par mètre de tuyauterie ne devra pas dépasser :

$$\frac{0,8}{40} = 0,02 \text{ mCE/m}$$

Sur l'abaque de la figure 6.4, on tracera un trait entre les deux points : 12,5 l/s et 0,02 mCE/m et on effectuera la lecture de la vitesse : 1,1 m/s et diamètre intérieur de la tuyauterie : 120 mm.
La tuyauterie de distribution devra avoir un diamètre au moins égal à 120 mm. Si on choisi un diamètre supérieur, les pertes de charge et la vitesse diminueront pour le même débit.
Si la tuyauterie entre A et B a un diamètre intérieur de 90 mm (ancien réseau alimentant une zone urbaine en développement), les pertes de charge seront de 0,07 mCE/m (soit une perte de charge totale entre A et B de $0,07 \times 40 = 2,8$ mCE) et la vitesse de 2 m/s lorsque le débit sera de 12,5 l/s (demande maximum). La pression au point C sera alors de : 11 – 2,8 – 0,2 = 8 mCE soit 0,8 bar, ce qui est inférieur à la valeur minimum attendue.

La réalisation d'un schéma tel que nous venons de le voir figure 5.3 permet de représenter graphiquement les lignes de charge et les pressions disponibles en tout point du réseau.

1.4 Tuyauteries utilisées pour le réseau de distribution

La nature des tuyauteries utilisées dépendra principalement de leur diamètre. On utilise des tuyauteries en polyéthylène ou en PVC pression pour les petits diamètres, des tuyauteries en fonte pour les gros diamètres (se reporter au chapitre 8 sur les canalisations d'eau sous pression).

1.5 Branchements d'immeubles

Chaque branchement sur la conduite de distribution sur le réseau public est réalisé par le service qui a en charge l'entretien de ce réseau.

Le branchement est réalisé à l'aide de colliers de prise en charge qui permettent le raccordement sur la conduite principale sans avoir à réaliser des modifications importantes sur le réseau. La tuyauterie est percée au diamètre approprié, le collier vient se fixer autour de la conduite principale et comprime le joint d'étanchéité.

Il est possible de réaliser cette opération « en charge » à l'aide d'un outillage spécialisé.

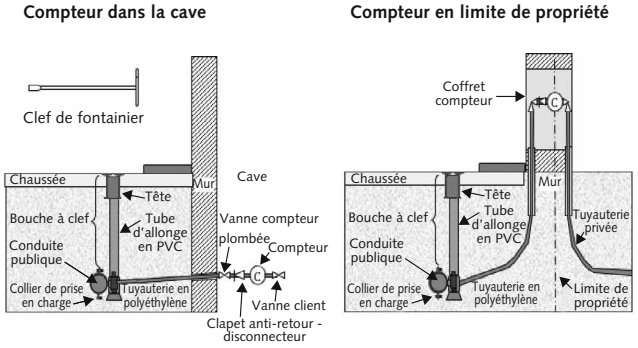


Figure 5.4 – Prise sur conduite en tranchée avec robinet sous bouche à clef

Le raccordement sur la conduite est équipé d'un robinet posé au fond de la tranchée qui se manœuvre à l'aide d'une clef de fontainiers.

Le branchement d'abonnés doit être équipé d'un clapet anti-retour ou d'un disconnecteur afin d'empêcher la possibilité de retour d'eau polluée vers le réseau public. Ce retour peut se produire lorsque la pression dans le réseau public baisse (travaux, utilisation de l'eau par les services d'incendie…).

Les ensembles coffrets compteurs en sont généralement équipés.

Le compteur et le robinet d'arrêt pour l'utilisateur sont aujourd'hui placés en limite de propriété (mur de clôture, façades d'immeubles, voies de circulation). Ils étaient autrefois très souvent placés directement dans les caves de l'immeuble, ce qui complique le relevé des compteurs.

Figure 5.5 – Coffret compteur

1.6 Distances avec les autres canalisations enterrées

Les conditions de pose des tuyauteries en tranchée sont réglementées, il faut respecter les distances de sécurité entre les différentes énergies : eau, gaz, électricité, téléphone…

La distance entre deux génératrices doit être au moins égale à 20 cm (trajectoires parallèles) et peut être dans certains cas de 5 cm pour les croisements (figure 5.6).

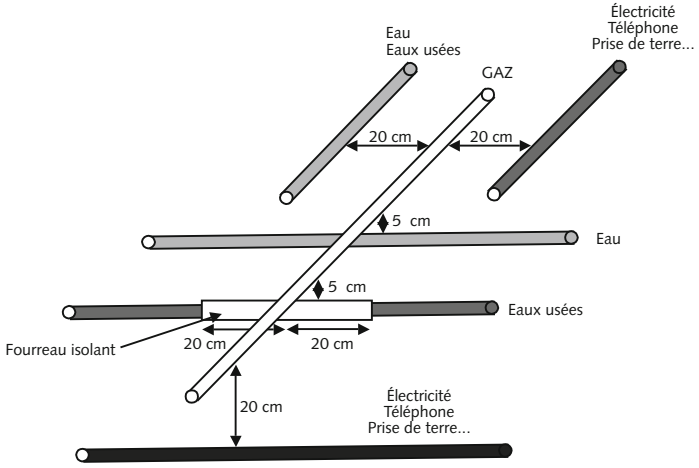


Figure 5.6 – Distances avec les autres canalisations enterrées

On trouve souvent dans une seule et même tranchée tous les réseaux d'alimentation d'un immeuble. Dans ce cas, il faudra les placer de manière à respecter les distances minimales (figure 5.7).

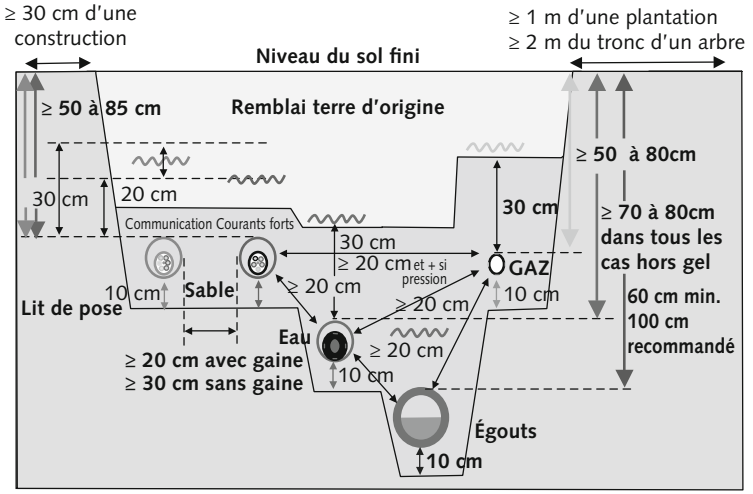


Figure 5.7 – Coupe d'une tranchée : position des tuyauteries

Il ne faut pas endommager les tuyauteries lors de la pose, pour cela il faut respecter les précautions illustrées par la figure 5.8.

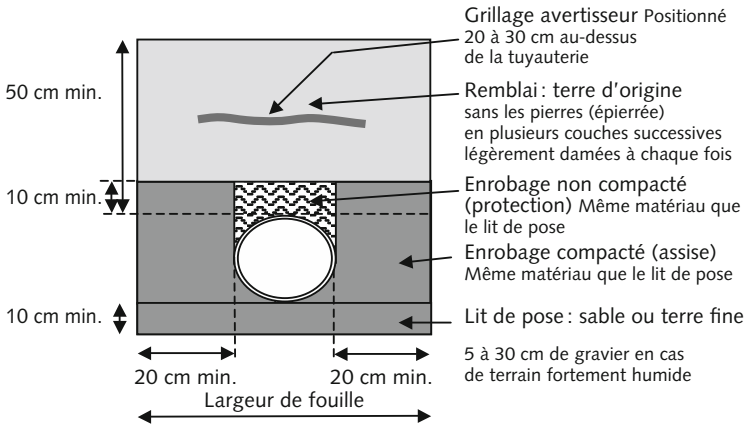


Figure 5.8 – Détail de la pose d'une canalisation enterrée en distribution

Tous les réseaux enterrés doivent être identifiés et repérés sur le plan de masse. Les profondeurs varient en fonction de l'usage du terrain dans lequel on réalise la tranchée (tableau 5.1).

Tableau 5.1 – Couverture minimale des réseaux au-dessus de la génératrice supérieure du tube

Réseaux	Profondeur minimum	Trottoir	Route, chemin	Contraintes plus importantes
Communications	≥ 50 cm	≥ 65 cm	≥ 85 cm	≥ 100 cm
Courants forts	≥ 50 cm	≥ 65 cm	≥ 85 cm	≥ 100 cm
Eau	≥ 70 cm	≥ 70 cm	≥ 80 cm	**Hors gel***
Égouts	≥ 60 cm	Recommandation ≥ 100 cm et en dessous des autres réseaux		
Gaz	≥ 50 cm	≥ 70 cm	≥ 80 cm	≥ 100 cm

* Pour la profondeur hors gel, on prend généralement 5 à 8 cm par degré en dessous de 0, cela dépendra de la nature du sol (exemple : à Isola 2000, la température de référence en hiver est de –20 °C, la tranchée devra avoir une profondeur comprise entre 1 et 1,6 m de profondeur pour mettre hors gel les tuyauteries).

Lorsque la tranchée a une profondeur supérieure à 1,30 m ou si le terrain est instable, il faut réaliser un **blindage**, c'est-à-dire poser des coffrages maintenus en place par des étais pour éviter l'effondrement.

Le croisement des canalisations d'eau, de gaz et l'électricité avec les raccordements d'immeubles à l'égout se feront en principe en respectant une distance de 0,20 m. Si cette distance ne peut être respectée, la tuyauterie sera protégée par un fourreau étanche résistant et continu dépassant largement de chaque côté de la tuyauterie d'égout.

La pénétration des branchements des différentes distributions d'eau, de gaz, d'électricité, de téléphone, devra être rendu parfaitement étanche si elle est effectuée par passage direct du terrain au sous-sol de l'immeuble à travers un mur, afin d'empêcher le drainage de fuites éventuelles de gaz et d'eau vers l'intérieur de l'immeuble.

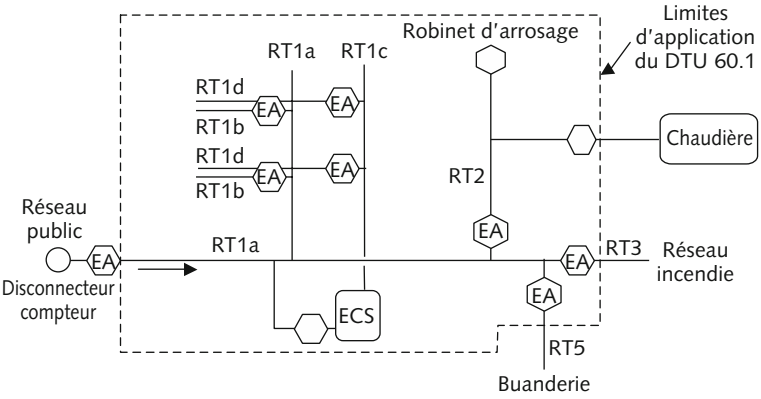
Dans la pratique

Les distances entre les tuyauteries enterrées ne sont malheureusement pas toujours respectées.
Il faudra être très prudent lors des fouilles et ne pas toujours se fier au grillage avertisseur.

1.7 Protection des réseaux

Le DTU 60.1 définit les types de distributions intérieures (figure 5.9) :

- RT1 : réseau d'eau potable ou réseau sanitaire ;
- RT1a : eau froide sanitaire – partie collective ;
- RT1b : eau froide sanitaire – partie privative ;
- RT1c : eau chaude sanitaire – partie collective ;
- RT1d : eau chaude sanitaire – partie privative ;
- RT1e : eau traitée pour des usages particuliers (piscine, dialyse, stérilisation, four vapeur…) ;
- RT2 : réseau d'eau destinée à des usages techniques (remplissage des circuits de chauffage ou climatisation, lavage, arrosage lorsqu'il est fait appel à des robinets de puisage) ;
- RT3 : réseau d'eau destinée à la protection incendie – non visé par le présent document ;
- RT4 : réseau d'eau destinée à l'arrosage par hydrant sur le sol ou enterré – non visé par le présent document ;
- RT5 : réseau d'eau destiné à des activités spécifiques (type industriel, buanderie, portique de lavage…).



EA **Clapet anti-pollution** contrôlable installé au plus près du piquage (distance ≤ 3 m)

Dispositif de protection obligatoire s'il n'est pas intégré à l'appareil

Figure 5.9 – Les types de distributions intérieures selon le DTU 60.1

2 Compteurs

Il existe trois moyens de comptage et de facturation de l'eau consommée :

- **Le forfait :** il ne nécessite aucun instrument de mesurage. Pour un prix fixé pour une période donnée, chacun puisse l'eau autant qu'il veut. Ce système ne peut s'appliquer que lorsque l'eau est abondante et bon marché.
- **La jauge :** elle est encore utilisée pour l'arrosage lorsque le diamètre du réseau d'eau n'est pas suffisant pour fournir le débit demandé. L'eau passe à travers un diaphragme qui limite le débit d'eau (250 l, 500 l, 1 m^3… par jour). Cela implique pour le client l'utilisation d'une cuve de stockage et parfois d'un surpresseur.
- **Le compteur :** c'est le moyen de comptage et de facturation le plus utilisé car il mesure précisément la consommation d'eau individuelle (figure 5.10). Le plus souvent le compteur est la propriété du distributeur d'eau qui le loue aux clients en échange de son entretien, c'est le **compteur d'abonné.**

Dans le cas des copropriétés, la facturation s'effectue de manière forfaitaire sur la base des millièmes de copropriétés (répartition en fonction

des surfaces habitables) ou du nombre d'habitants. Mais le plus souvent on trouve des compteurs divisionnaires qui permettent une facturation précise en fonction de l'utilisation de chacun.

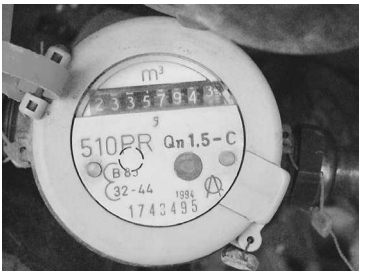


Figure 5.10 – Compteurs

Pour les services généraux (arrosage, lavage des vide-ordures...), la répartition se fera sur la base des millièmes de copropriétés.

Les dispositifs pouvant mettre en communication différents branchements d'un même immeuble sont interdits (par exemple : compteurs domestiques et compteur d'arrosage). Il est également interdit d'établir des communications entre l'eau potable et l'eau non potable (par exemple : eau potable du réseau public et eau captée dans un puits ou une rivière).

2.1 Choix des compteurs

Le décret 76-130 du 29 janvier 1976 précise les caractéristiques des compteurs. Le choix des compteurs s'effectuera en fonction de caractéristiques suivantes :

- Qmax : débit le plus élevé que peut supporter un compteur sans détérioration pour une erreur de mesure inférieure à 2/100 (entre Qt et Qmax).
- Qn : débit égal à la moitié de Qmax, il désigne le compteur et s'exprime en m^3/h
- Qmin : débit minimal à partir duquel le compteur doit présenter une erreur maximale de 5/100 (entre Qmin et Qt).
- Qt : débit de transition défini par le décret, qui sépare l'intervalle Qmin – Qmax en deux parties et permet de définir la précision de mesure.

Les compteurs sont répertoriés en 3 classes : A – B – C pour lesquelles le débit minimal et le débit de transition sont fixés par le décret n° 76-130.

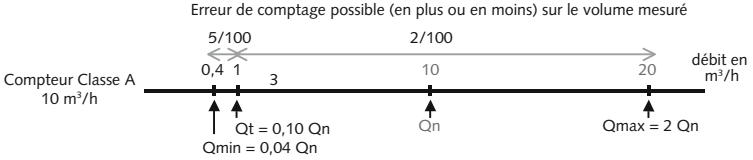


Figure 5.11 – Exemple d'un compteur 10 m³/h

Les compteurs de classe C sont les plus précis sur la mesure de petits débits. Pour un compteur de classe C – 10 m³ /h – l'erreur de 5 /100 n'est tolérée que sur l'intervalle 0,1 – 0,15 m³/h, alors que pour un compteur de classe B l'intervalle est de 0,2 – 0,8 m³/h et pour un compteur de classe A de 0,4 – 1 m³/h.

Pour choisir un compteur lorsque cela est nécessaire, on pourra utiliser le tableau 5.2.

Tableau 5.2 – Débit moyen de modèles courants de compteurs

Calibre nouvelle appellation	Diamètre ancienne appellation	Débit journalier maximal
m³/h	mm	m³/j
3	12	1,2
3	15	2
5	20	5
7	25	8
10	30	8
20	40	35
30	50	70
40	60	100
60	80	200
100	100	450
200	150	1 000

La perte de charge des compteurs est donnée par les fabricants (figure 5.12).

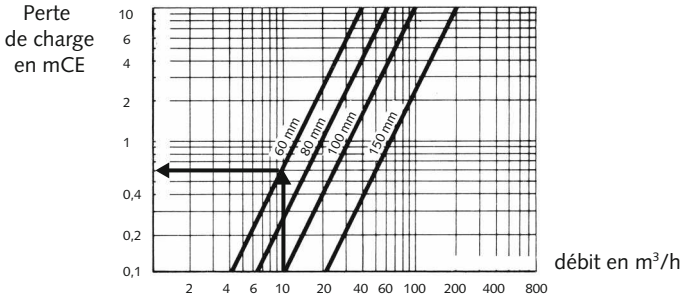


Figure 5.12 – Pertes de charge de compteurs Schlumberger PDT 1 000

Application

Si le débit dans le compteur est de 10 m³/h, la perte de charge sera de 0,6 mCE.

2.2 Types de compteurs

On trouve différents types de compteurs.

■ Compteur volumétrique

Il enregistre la quantité d'eau qui le traverse en comptant le nombre de remplissages d'un volume déterminé ou en comptant le nombre de rotations d'un mobile dont chaque tour laisse passer un volume connu (figure 5.13).

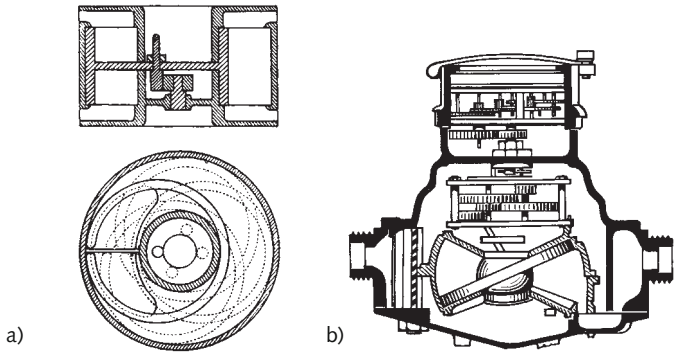


Figure 5.13 – Compteurs volumétriques :
a) principe du piston rotatif ; b) compteur à disque

■ Compteur de vitesse

Il compte le nombre de tours d'une turbine à ailettes entraînée par le courant de l'eau à une vitesse proportionnelle au débit dans la canalisation. Il est utilisé pour les débits importants et est peu précis pour les débits faibles (figure 5.14).

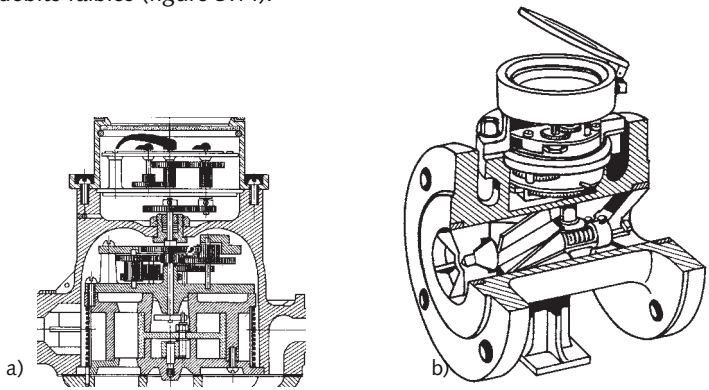


Figure 5.14 – Compteurs de vitesse :
a) compteur Stella à boîte d'injection à turbine ;
b) compteur à hélice pour gros débit

■ Compteur proportionnel

Il est utilisé pour le comptage des gros débits occasionnels (réseau d'incendie...). Une partie seulement du débit traverse le mécanisme de comptage en passant par un orifice calibré ce qui permet d'évaluer le débit total passant par le compteur (figure 5.15).

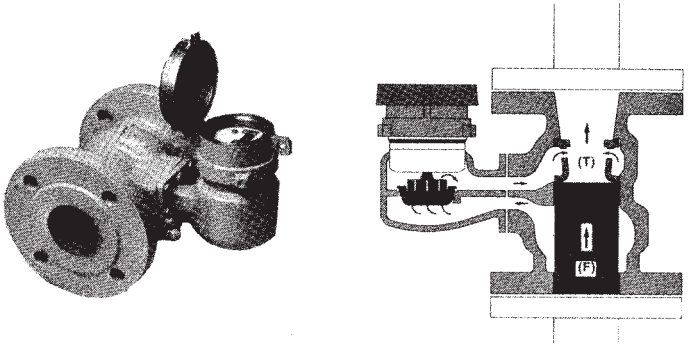


Figure 5.15 – Compteur proportionnel Schlumberger

■ Compteur d'eau froide et d'eau chaude

Le décret 76-130 du 29 janvier 1976 précise les caractéristiques des compteurs :

- Qmax : débit le plus élevé que peut supporter un compteur sans détérioration.
- Qn : débit égal à la moitié de Qmax, il désigne le compteur et s'exprime en m^3/h.

2.3 Lecture des compteurs

■ Compteurs à petits cadrans

La lecture s'effectue selon la méthode suivante.

Si l'aiguille se trouve entre deux chiffres, on prendra toujours le chiffre le plus petit (figure 5.16a).

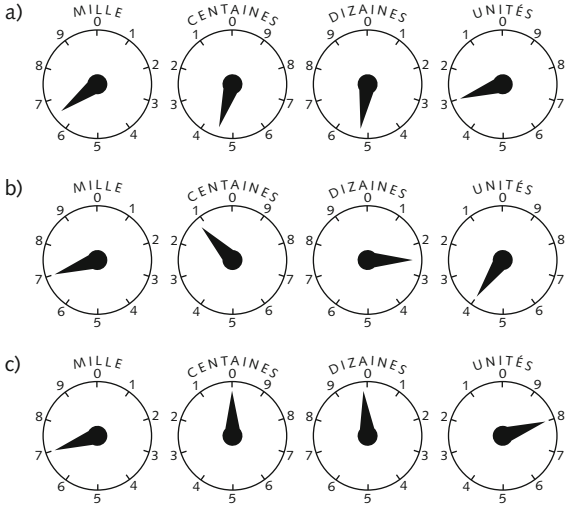


Figure 5.16 – a) Lecture d'un compteur à petits cadrans : 6453 ;
b) Lecture d'un compteur à petits cadrans : 7124 ;
c) Lecture d'un compteur à petits cadrans : 6998

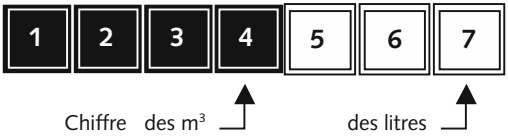
Si l'aiguille semble se trouver exactement sur un chiffre, il faudra considérer deux cas :

- l'aiguille du cadran immédiatement inférieur à dépassé le zéro et se trouve dans le voisinage de 1 ou 2. Dans ce cas, le chiffre sur lequel se trouve la première aiguille est bien celui à inscrire (figure 5.16b) ;
- l'aiguille du cadran immédiatement inférieur n'a pas encore atteint le zéro et se trouve dans le voisinage de 9 ou 8. Dans ce cas, le chiffre à noter est le chiffre inférieur à celui sur lequel se trouve l'aiguille (9 si l'aiguille est sur le 0 ; figure 5.16c).

■ Compteurs courants

Pour les compteurs qui affichent des nombres en mètres cube, les chiffres rouges qui indiquent un volume en litres ne sont pas à prendre en considération lors du relevé de compteur. Seuls les chiffres noirs (m^3) sont pris en compte (figure 5.17)

Les chiffres en rouge servent à contrôler les fuites ou à effectuer des mesures lors d'un remplissage.



La lecture est : 1234,567 m³

Figure 5.17 – Lecture d'un compteur courant

On trouvera des compteurs à affichage mixte.

Les compteurs sont gradués en m³ avec 3 chiffres en sous-unités sur les cadrans qui donnent le volume en litre.

Rappel : 1 m³ = 1 000 litres.

Dans l'exemple de la figure 5.18, pour calculer la consommation sur la période mesurée (par exemple 1 an), il faut réaliser l'opération suivante :

Deuxième lecture – Première lecture = Consommation
191,071 – 19,747 = 171,324 m³ consommés sur 1 année

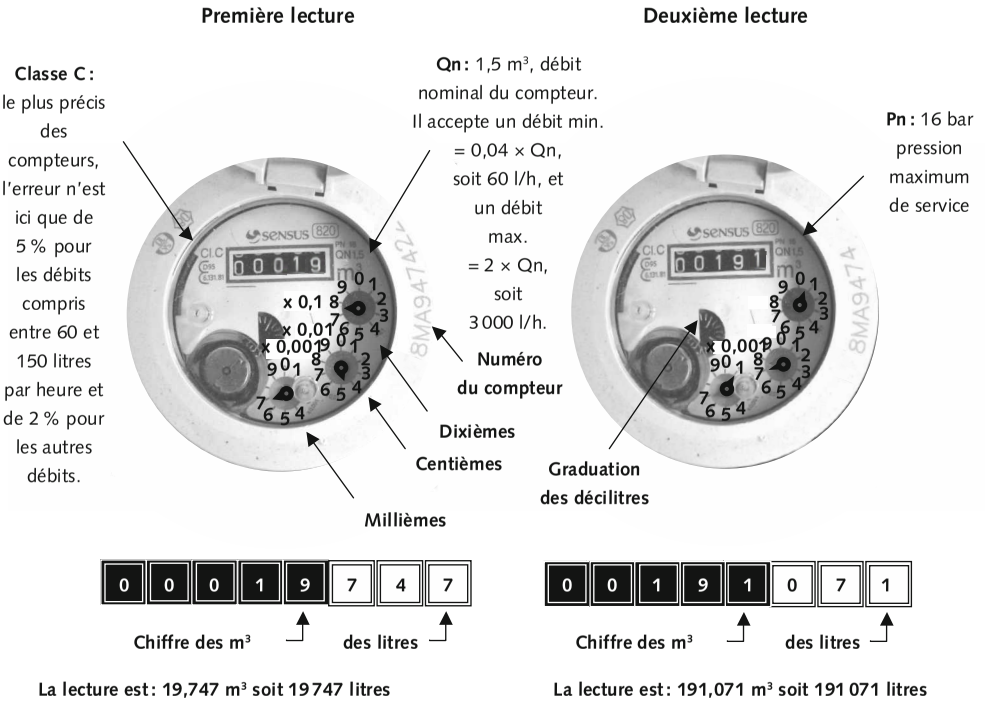


Figure 5.18 – Exemple de lecture compteur

2.4 Raccordement des compteurs divisionnaires

Lors de la réalisation des colonnes d'eau et les branchements d'appartement, pour ne pas abîmer les compteurs pendant les travaux et permettre la mise en eau des installations, on placera à la place une rallonge ou manchette généralement en matière plastique qui présente le même écartement et le même filetage que le compteur (figure 5.19).

On place les compteurs dès que le chantier est terminé, à la livraison.

Des capsules minces le protègent pour le transport et la manutention.

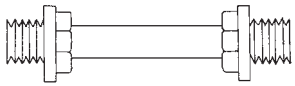


Figure 5.19 – Rallonge (ou by-pass) de compteur.
Le filetage est au pas des compteurs.

On choisira un compteur d'un calibre suffisant pour que sa perte de charge reste faible. Pour cela, il faut consulter les catalogues constructeurs pour déterminer la perte de charge en fonction du calibre et du débit.

Il existe aujourd'hui des compteurs électroniques dits « communicants » capables de réaliser un enregistrement de la consommation d'eau sur une longue période, ils sont équipés d'une télésurveillance qui effectue des relevés réguliers. De la même manière, les compagnies qui gèrent le parc de compteurs installés ont tendance à équiper les compteurs de lecteurs à distance pour éviter à l'employé d'avoir à pénétrer dans les appartements lorsque les compteurs y sont encore installés. On voit apparaître, avec l'évolution de l'informatique et des techniques de communication, des compteurs ayant un émetteur intégré, l'employé chargé de relever les compteurs se présente dans le bâtiment équipé de son matériel informatique, il récupère les données de consommation par des liaisons sans fil. Des répétiteurs et des concentrateurs peuvent servir à reporter directement les données sur un serveur (la portée est de plusieurs kilomètres).

L'utilisation des compteurs électroniques se justifie par plusieurs arguments :

- les relevés plus fréquents permettent une facturation sur un index réel et non évalué ;
- les fuites peuvent être détectées plus rapidement ;
- le compteur est « surveillé » contre la casse, les vols, les détériorations…

Lorsque l'on doit réaliser des mesures de débit sans avoir à démonter les tuyauteries, il existe des appareils à ultrasons capables de mesurer le débit d'eau dans une tuyauterie (l'appareil se fixe en plusieurs points sur la tuyauterie pour effectuer une mesure).

Dans la pratique

L'apparition des compteurs communicants permettra une meilleure maîtrise des consommations d'eau.

En cas de surconsommation d'eau, le distributeur doit informer l'abonné.

6
DISTRIBUTION INTÉRIEURE

1 Règles de l'art

La réalisation d'une installation de plomberie doit être conforme aux règles de l'art et respecter les textes publiés (normes, DTU, textes législatifs, cahiers de prescriptions techniques, guides, règles de calculs, règlement sanitaire...).

Ces règles s'appliquent aux travaux neufs de plomberie et d'installation sanitaires pour les bâtiments à usage d'habitation ou de bureau.

Elles concernent la distribution d'eau, l'évacuation des eaux usées et les installations sanitaires situées à l'intérieur des bâtiments (et jusqu'à 0,5 m du mur extérieur).

Les travaux de plomberie et d'installations sanitaires doivent être conformes aux nouveaux DTU révisés.

Dans les bâtiments anciens, les règles devront être adaptées à chaque situation.

- **NF DTU 60.1 (NF P 40-201)**, décembre 2012 : Plomberie sanitaire pour bâtiments – Partie 1-1-1 : Réseaux d'alimentation d'eau froide et chaude sanitaire – Cahier des clauses techniques types – Partie 1-1-2 : Réseaux d'évacuation – Cahier des clauses techniques types – Partie 1-1-3 : Appareils sanitaires et appareils de production d'eau chaude sanitaire – Cahier des clauses techniques – Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux – Partie 2 : Cahier des clauses administratives spéciales types.
- Ce NF DTU ne vise pas :
  - les travaux de réparation,
  - les canalisations d'alimentation ouvertes à l'air libre (ventilée),
  - les réseaux d'eau à usage spécifique (piscine, spa, hammam, eaux pour soin…),
  - les réseaux de chauffage, de climatisation,
  - les réseaux d'irrigation enterrés ou non,
  - les réseaux d'incendie,
  - les réseaux d'eau pour usage spécifique,
  - les réseaux d'adduction d'eau,

  - la pose des appareils sanitaires et des appareils de production d'eau chaude sanitaire.
- **NF DTU 60.11 (NF P 40-202)**, août 2013 : Travaux de bâtiment – Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et d'eaux pluviales – Partie 1-1 : Réseaux d'alimentation d'eau froide et chaude sanitaire – Partie 1-2 : Conception et dimensionnement des réseaux bouclés.
- **NF DTU 60.5 (NF P 41-221)**, janvier 2008 : Travaux du bâtiment – Canalisations en cuivre – Distribution d'eau froide et d'eau chaude sanitaire, évacuation d'eaux usées, d'eaux pluviales, installations de génie climatique – Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques – Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux.
- **NF P 16-005** : Systèmes de récupération de l'eau de pluie pour son utilisation à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments.
- **NF EN 1717** : Protection contre la pollution de l'eau potable dans les réseaux intérieurs (P43-100)
- Les **cahiers de prescriptions techniques** rédigées par des groupes spécialisés du CSTB.
- Les **DTU** propres à chaque type de matériau ou de canalisation.
- Les **normes** de fabrication, d'essais, de classement, de traitement, de maintenance…
- Les recommandations professionnelles **RAGE** (règles de l'art Grenelle Environnement 2012).
- La **RT 2012**…

On le voit, de très nombreux textes sont à prendre en compte pour la réalisation d'une installation. Le but principal de l'ensemble de ces règles est de créer des installations salubres qui permettent :

- d'assurer en tous points d'un bâtiment :
  - une alimentation en eau à température voulue, débit suffisant et continu, sans pollution possible, sans interruption, à une pression aussi constante que possible, d'une valeur minimale de 0,3 bar,
  - une évacuation rapide des eaux pluviales et eaux usées ;
- d'empêcher l'accès dans les locaux de l'air vicié provenant des égouts ou du système d'écoulement des eaux usées.

Une installation doit aussi être :

- commode,
- robuste,
- silencieuse,
- esthétique,
- économique.

Pour atteindre ce résultat, il faudra respecter les règles suivantes :

- le tracé des canalisations doit toujours être aussi court que possible ;
- leur pose doit permettre la vidange, le rinçage ou la désinfection des canalisations ;
- tous les accessoires, les appareils et équipements doivent être facilement accessibles pour leur manipulation et leur éventuel remplacement sans dépose des canalisations ;
- en cas de parcours parallèle horizontal, la canalisation d'eau froide est située en dessous de celle d'eau chaude.

Si l'insuffisance ou l'irrégularité de la pression de l'eau ne permet pas l'alimentation continue des appareils en pression directe, il faudra faire usage de dispositifs particuliers (bassins en élévation, surpresseurs...).

Ces dispositifs doivent être établis de façon à éviter toute pollution de l'eau (disconnecteur, et discontinuité sur le raccordement à la tuyauterie de vidange).

La capacité des réservoirs sous pression ou en élévation doit être proportionnée en fonction des besoins et réduite au minimum, de manière à ce que l'eau se renouvelle fréquemment.

Les normes et DTU et textes en vigueur repris en partie dans cet ouvrage ainsi que les prescriptions des règles de l'art fixent les conditions d'exécution minima auxquelles doivent répondre obligatoirement toute installation sanitaire nouvelle et toute rénovation importante d'une installation existante pour être conformes aux règles de l'art.

Le présent ouvrage ne peut en aucun cas se substituer au règlement sanitaire en vigueur, ni aux textes réglementaires et législatifs existants.

Le présent ouvrage renferme aussi des recommandations de nature à améliorer la qualité et le fonctionnement des installations, mais dont l'application n'est pas obligatoire.

2 Vocabulaire technique

Antibélier : Dispositif situé généralement au point le plus élevé d'une colonne montante ou au plus près d'un appareil en vue d'atténuer les chocs produits par les brusques variations de pression de l'eau.

Branchement d'appareil : Tuyauterie partant d'une conduite d'étage ou d'une colonne montante et amenant l'eau directement aux appareils d'utilisation.

Branchement d'eau général : Conduite amenant l'eau du réseau public sur l'appareil de mesure ou d'arrêt général.

Ceinture d'étage d'appartement ou conduite d'étage d'appartement : Tuyauterie d'allure horizontale partant d'une colonne montante située généralement au niveau soit du sol, soit du plafond des pièces d'un appartement ou d'un étage et permettant l'alimentation en eau des appareils de cet appartement ou de cet étage.

Ceinture principale ou conduite principale : Tuyauterie d'allure horizontale partant du compteur général, généralement placée au plafond du sous-sol et sur laquelle sont raccordées les prises partielles d'alimentation des divers services.

Colonne montante : Tuyauterie d'allure verticale partant soit de la ceinture principale, soit d'une nourrice et sur laquelle sont raccordés les branchements distribuant l'eau dans les étages.

Compteur divisionnaire : Compteur placé sur un des branchements desservant une partie de l'installation et indiquant la consommation d'eau du ou des appareils situés sur ce branchement.

Compteur général : Compteur placé sur le branchement d'eau général enregistrant la totalité de la consommation de ce branchement.

Conduite d'alimentation : Tout tuyau transportant l'eau de l'appareil de mesure ou d'arrêt général jusqu'à un appareil d'utilisation.

Distribution dite « en parapluie » : Système de distribution dans lequel la ceinture principale est reportée à l'étage le plus élevé du bâtiment. Les colonnes alimentant les différents étages prennent alors le nom de « colonnes descendantes ».

Nourrice : Augmentation du diamètre d'une tuyauterie d'alimentation d'eau, sur lequel sont groupées des prises partielles d'alimentation des divers services, ainsi que leurs robinets d'arrêt et de vidange, afin de centraliser en un point la manœuvre des robinets d'arrêt et de départ.

Robinet d'arrêt général : Robinet placé sur le branchement d'eau général et commandant l'arrivée de l'eau de tout le bâtiment desservi.

Robinet de vidange : Robinet de puisage permettant après la fermeture d'un robinet d'arrêt, d'évacuer toute l'eau remplissant les tuyauteries.

L'entrepreneur de plomberie réalise son devis à partir du cahier des charges et des plans qui lui sont fournis avant l'exécution du gros œuvre.

Il doit :

- fournir ses notes de calculs ;

- préciser les caractéristiques du matériel qui ne figure pas dans le cahier des charges qui lui a été remis (types de tuyauteries, types d'assemblages, position des tuyauteries par rapport au gros œuvre, protections extérieures, appareils de traitement de l'eau ou de l'installation (avec le numéro de l'Avis Technique), purge des gaz, appareils modifiant la pression de l'eau (surpresseurs, réducteurs de pression)...) ;
- réaliser les plans, coupes et schémas nécessaires pour l'exécution des travaux (tracé des canalisations à chaque niveau (en plan et en élévation), position des regards, vannes d'arrêt, clapets de retenue, antibéliers, passage des tuyauteries à travers le gros œuvre...).

Le cahier des charges type du lot plomberie remis à l'entreprise avant la réalisation du gros œuvre doit préciser les informations suivantes :

Distribution de l'eau :

- Pression du réseau de distribution (à moins de 20 m du branchement).
- Nature de l'eau : pH et TH.
- Locaux techniques (détente, surpression, traitement d'eau...).
- Type de distribution d'eau froide (colonnes, compteurs, robinets de chasse...).
- Type de distribution d'eau chaude (colonnes, compteurs, circulateur, calorifugeage...).
- Pression au point le plus défavorisé de l'installation.
- Précautions particulières contre le gel.
- Position des robinets d'arrêts.
- Type et les caractéristiques de la distribution d'eau chaude.
- Alimentation en eau de l'installation de chauffage et de la production d'ECS.
- Réseau d'incendie.
- Nature et tension du courant électrique.

Évacuation des eaux usées :

- Système d'évacuation et d'assainissement des eaux pluviales et ménagères.
- Cotes de raccordement aux réseaux publics.
- Système d'évacuation des eaux usées (chute unique, chutes séparées).
- Système de relevage éventuel des eaux usées (pompe, air comprimé).

Plans :

- Locaux de service (compteurs, transformateurs, ascenseurs...).
- Passages obligatoires pour les tuyauteries.
- Boîtes de coupure du courant électrique.

De plus il doit :

- préciser la nature des canalisations situées en amont de l'installation à réaliser (présence de cuivre ou d'alliage cuivreux) ;
- fournir une analyse d'eau de moins de 3 mois (selon le modèle qui se trouve au chapitre 4 sur le traitement de l'eau).

N'oubliez pas !

Une entreprise devra fournir un devis détaillé qui permette de respecter les règles de l'art. Pour cela, il est souhaitable de vérifier les points du tableau 6.1 avant la signature d'un marché.

Tableau 6.1 – Points à vérifier pour un devis détaillé sans risque de malentendu

Distribution d'eau			
Pression de service et nature du réseau public à moins de 20 m du futur branchement			
Qualité de l'eau : pH, TH (titre hydrotimétrique)		pH	TH
Équipements techniques :	Détendeur : Pression amont et aval	P entrée	P sortie
	Dispositifs de protection contre le gel		
	Dispositif anti-pollution		
	Antibéliers		
	Autres équipements		
Nature des tuyauteries	EF	ECS	
Pression au point le plus défavorisé de l'installation : (aux heures de forte demande sur l'installation et de faible pression sur le réseau) P ≥ 0,3 bar			
Évacuation des eaux			
Système d'évacuation des eaux (extérieur) Nature de la tuyauterie et diamètre	Usées		Ø
	Pluviales		Ø
Système d'évacuation des eaux (intérieur) Nature de la tuyauterie et diamètre	Eaux-vannes (WC)		Ø
	Eaux usées		Ø

…

Système de relevage des eaux usées (pompe, éjecteur...)	
Système d'assainissement	
Divers : Percements à réaliser	
Nature du courant distribué (mono 230 V, tri 400 V, 230 / 400 V)	
Observations :	

3 Dimensionnement des tuyauteries – Méthode générale (application du DTU 60.11 août 2013)

Avant d'aborder cette partie, il faut maîtriser les notions de débit, pression, pertes de charge traitées dans le mémento technique.

Cette méthode ne concerne pas les réseaux d'incendie ou d'arrosage.

Les vitesses de l'eau dans les tuyauteries à prendre en considération sont :

- ≤ 2 m/s : canalisations en sous-sol, vide sanitaire, locaux techniques.
- ≤ 1,5 m/s : colonnes montantes.
- ≤ 1 m/s : appartements.

Il existe deux façons dans la méthode générale d'aborder le dimensionnement des installations intérieures des bâtiments à usage d'habitation ou de bureaux.

- **1/ Distribution individuelle :** pour la distribution intérieure courante sous une pression minimale de 3 bars :
  - **Raccordement des appareils :** respect des diamètres minimums.
  - **Parties de tuyauterie commune** : calcul des coefficients de simultanéité et détermination des diamètres.
- **2/ Distribution collective :** pour les tuyauteries desservants plusieurs logements :
  - **Détermination des débits de base.**
  - **Calcul des coefficients de simultanéité.**
  - **Calcul des débits probables.**
  - **Détermination des diamètres des tuyauteries.**
  - **Vérification de la pression au point le plus défavorisé.**

Le Règlement sanitaire départemental type précise : « Le branchement et le réseau de canalisations intérieures ont une section suffisante pour

que la hauteur piézométrique de l'eau au point le plus élevé ou le plus éloigné de l'immeuble soit encore d'au moins 3 m (correspondant à une pression d'environ 0,3 bar) à l'heure de pointe de consommation, même au moment où la pression de service dans la conduite publique atteint sa valeur minimale. »

Attention

Pour les immeubles collectifs d'habitation, on doit dimensionner l'installation pour obtenir à l'entrée de chacun des logements, une pression totale minimale de 1 bar, cette pression à l'entrée du logement permet dans la majorité des cas d'obtenir une pression de **0,3 bar au point de puisage** (la perte de charge de devra donc pas être supérieure à 0,7 bar). Dans tous les cas, au-dessus de 4 bar en pression statique au point de puisage, un réducteur de pression devra être installé sur l'alimentation générale d'eau froide (et pas seulement sur le chauffe-eau électrique).
Remarque : Certains appareils nécessitent une pression supérieure à la pression minimale de 0,3 bar (robinet thermostatique…).

De nombreux facteurs viennent perturber ou modifier le fonctionnement d'une installation : variation des pressions d'alimentations, des débits en fonction des saisons, de l'heure et de l'usage, entartrage, extension de l'installation..., il faudra donc bien étudier les caractéristiques présentes et éventuellement envisager les caractéristiques futures d'une installation lors de son dimensionnement.

Quelques règles simples pour réaliser une bonne installation :

- Utilisation de robinetteries à passage intégral ou dont les pertes de charge sont connues.
- Prise en compte pour les calculs de la pression la plus faible disponible sur le réseau de distribution public (mesurée à l'aide d'un manomètre enregistreur).
- Analyse de l'eau pour prévoir un traitement éventuel.
- Mise en œuvre soignée (sans déformation ou obstruction des tuyauteries…).
- Prise en compte du mode de vie des habitants (simultanéité des puisages…).
- Pressions eau froide et eau chaude sensiblement égales.

Les diamètres déterminés au cours des études qui suivent correspondent à la pratique courante, le choix d'un diamètre supérieur rendra bien souvent l'installation plus performante.

3.1 Distribution individuelle

Cette méthode permet de dimensionner les diamètres intérieurs des tuyauteries afin d'obtenir un débit minimum à la robinetterie sous une pression de 3 bar à l'entrée du logement *(lorsque la pression n'est pas de 3 bar à l'entrée du logement, on ne peut exiger ces débits minimums aux robinetteries).* Elle s'effectue en deux étapes.

■ Raccordement des appareils sanitaires, diamètres intérieurs minimaux

Respect des diamètres intérieurs minimums pour l'alimentation d'*un seul appareil* (tableau 6.2).

Tableau 6.2 – Diamètres **intérieurs** minimaux

Type d'appareils	Diamètre minimal intérieur (mm)	Cuivre Ø ext. × épaisseur	PE-X Ø ext. × épaisseur
Lavabo, bidet, lave-mains, vasque Lave-vaisselle, lave-linge WC avec réservoir de chasse, urinoir avec robinet individuel	**10**	12 × 1	12 × 1,1
Évier Douche Poste d'eau 1/2	**12**	14 × 1	16 × 1,5
Baignoire Poste d'eau 3/4 Bac à laver	**13**	16 × 1	16 × 1,5
WC avec robinet de chasse, urinoir à action siphonique	Au moins le diamètre du robinet		

■ Parties de tuyauterie commune à plusieurs appareils

(Partie qui alimente 2 appareils ou plus)

Le diamètre de la tuyauterie est déterminé par lecture sur le graphique (figure 6.1) à partir de la somme des coefficients des appareils alimentés (tableau 6.3).

Attention

Cette méthode ne s'applique que pour une somme des coefficients inférieure à 15.

Tableau 6.3 – Coefficients de distribution individuelle

Type d'appareils	Coefficient
WC avec réservoir de chasse Lave-mains, urinoir	**0,5**
Bidet Lave-vaisselle, lave-linge	**1**
Lavabo, vasque	**1,5**
Douche Poste d'eau	**2**
Évier, timbre d'office	**2,5**
Baignoire jusqu'à 150 l	**3**
Baignoire de plus de 150 l	**3 + 0,1** pour chaque tranche de 10 l en plus

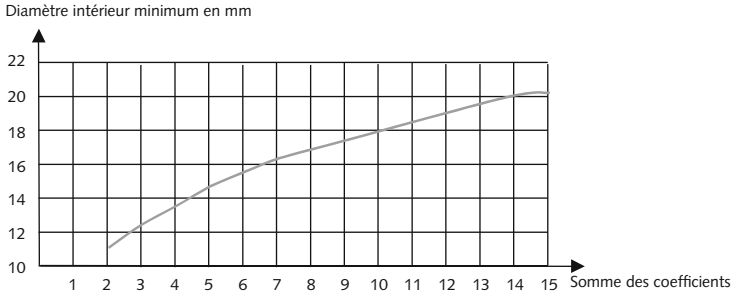


Figure 6.1 – Détermination des **diamètres intérieurs** des tuyauteries communes à partir de la somme des coefficients*

* Si la somme des coefficients est supérieure à 15, on utilisera la méthode de calcul des distributions collectives (formule de Flamant).

Exemple de dimensionnement d'une distribution individuelle

Pour une salle de bains qui comprend une baignoire de 200 l, 2 vasques, 1 WC avec réservoir et 1 bidet, on effectuera le choix de tuyauterie suivant :

Somme des coefficients = $(3 + (5 \times 0{,}1)) + (2 \times 1{,}5) + 0{,}5 + 1 = 8$

La lecture sur la courbe (figure 6.1) donne un diamètre intérieur minimal de 17.

On pourra choisir :

– Tuyauteries cuivre 18-20 (dimension retirée des catalogues) ; on prendra 20-22 mm.
– Tuyauterie PER 20-25 mm.
– Tuyauterie en C- PVC 19,4-25 mm.
– Tuyauterie Acier galvanisé 22,3-26,9 mm…

Cette tuyauterie alimentera une nourrice située sous la baignoire ou sous le meuble de toilette. Les différents appareils seront alimentés ensuite séparément, par exemple en PER 10-12 pour les vasques, le bidet et le WC et en 13-16 pour la baignoire (selon le tableau des diamètres minimums).

Attention

Si une canalisation alimente la production d'eau chaude individuelle, le diamètre jusqu'au piquage qui alimente cette production d'eau chaude sera calculé de la même manière que pour les distributions collectives. Après le piquage, nous sommes dans le cas d'une distribution individuelle, le calcul précédent s'applique.

■ Cas particulier de l'eau chaude

Pour le dimensionnement des tuyauteries d'eau chaude (voir chapitre 7, section 1.8), il faut prendre en compte le temps d'attente de l'utilisateur (une étude de Gaz de France montre qu'une majorité d'usagers se satisfait d'un **temps d'attente inférieur à 10 s**).

Il est recommandé de réduire le volume d'eau des distributions d'eau chaude non maintenues en température pour réduire le risque de légionellose à un volume inférieur à 3 l.

Si le volume est supérieur à 3 l, il faudra que l'eau soit maintenue à une température supérieure à 50 °C en tout point du circuit.

3.2 Distribution collective

Cette méthode est utilisée pour dimensionner les tuyauteries situées dans les parties communes d'eau chaude ou d'eau froide qui alimentent un ou plusieurs appartements, ainsi que pour la tuyauterie individuelle jusqu'au piquage de l'appareil de production d'eau chaude individuel (chauffe-eau électrique, chaudière mixte…).

On déterminera successivement :
- les débits de base,
- les coefficients de simultanéité,
- les débits probables,
- les diamètres des tuyauteries.

Puis on effectuera la vérification de la pression au point le plus défavorisé.

■ Détermination des débits de base

On calcul la somme des débits des appareils alimentés (tableau 6.4).

Tableau 6.4 – Débits des appareils alimentés

Type d'appareil	Débits minimums (l/s)		Équivalence en l/min
	Eau froide ou eau mitigée	Eau chaude	
Évier, Timbre d'office Lavabo, vasque, bidet Douche	0,20	0,20	12
Baignoire	0,33	0,33	19,8
Lave-mains Lave-vaisselle	0,10		6
WC avec réservoir de chasse	0,12		7,2
Urinoir avec robinet individuel	0,15		9
Lave-linge	0,20		12
Poste d'eau 1/2	0,33		19,8
Poste d'eau 3/4	0,42		25,2
Urinoir à action siphonique	0,5		30
WC avec robinet de chasse	1,50		90

Attention

Les débits du tableau 6.4 sont donnés pour une pression de 3 bar à la robinetterie. Cette pression n'est pas toujours disponible dans les appartements, les débits réels seront donc bien souvent inférieurs.

Les débits d'eau chaude ne servent qu'à dimensionner la distribution d'eau chaude. On peut ne pas les prendre en compte pour les parties de canalisations qui alimentent un appartement en eau froide ainsi que la production d'eau chaude.

On peut considérer qu'un appareil est alimenté soit en eau froide, soit en eau chaude, soit en eau mitigée et dans ce cas le débit n'est pas doublé.

Exemple

Pour un lavabo, le débit d'eau mitigé est de 0,2 l/s soit 0,1 l/s en eau froide et 0,1 l/s en eau chaude. Lorsqu'on utilise un mitigeur, la cartouche ne laisse jamais passer l'eau chaude et l'eau froide à plein débit.

Toutefois, si l'on souhaite assurer un niveau de confort plus important (appartements de haut standing, nombreuses salles de bains…), on pourra prendre en compte les débits d'eau chaude dans le calcul de diamètres des tuyauteries.

De la même manière, si les robinetteries ne sont pas des mitigeurs ou des mélangeurs, mais des robinets séparés EC-EF, il faudra prendre en compte les débits d'eau chaude dans le calcul des diamètres des tuyauteries car les deux robinets pourront être ouverts en même temps (les robinetteries « rétro » reviennent à la mode, on retrouve parfois des robinetteries séparées).

Dans les exemples développés dans la suite de ce chapitre, on a considéré que tous les appareils étaient équipés de mélangeurs ou de mitigeurs, le débit d'eau chaude n'a pas été pris en compte en supplément du débit d'eau froide.

■ Calcul des coefficients de simultanéité

On effectue la somme des appareils installés, et on calcule le coefficient de simultanéité à partir de la formule :

$$coefficient = \frac{0{,}8}{\sqrt{x-1}}$$

dans laquelle x est le nombre d'appareils lorsque x > 5.

Si le nombre d'appareils est inférieur à 5, on utilise la méthode « distribution individuelle ».

On peut effectuer une lecture directe sur la figure 6.2.

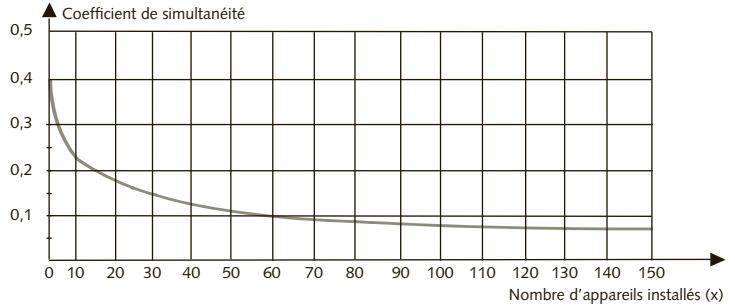


Figure 6.2 – Coefficients de simultanéité en fonction du nombre d'appareils installés pour les distributions collectives d'eau froide ou d'eau chaude

On trouvera dans le tableau 6.5 les valeurs approchées des coefficients de simultanéité.

Tableau 6.5 – Valeurs approchées des coefficients de simultanéité

Nombre d'appareils	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	35
Coefficient de simultanéité	0,4	0,36	0,33	0,30	0,28	0,27	0,21	0,18	0,16	0,15	0,14

Nombre d'appareils	40	45	50	55	60	70	80	90	100	150
Coefficient de simultanéité	0,13	0,12	0,114	0,108	0,104	0,096	0,090	0,085	0,080	0,065

Ce coefficient est utilisable pour les immeubles d'habitation collective, les bureaux, les hôpitaux, les maisons de retraites.

Pour une chambre d'hôpital, on prend en compte :

- pour l'eau froide : débit douche + WC ;
- pour l'eau chaude : débit douche.

Pour les hôtels, on multiplie généralement ce coefficient par 1,25, une étude est nécessaire.

Pour les stades, les écoles, les casernes, les gymnases, les internats, sauf si les robinets sont temporisés..., il faut considérer que tous les lavabos ou douches peuvent fonctionner en même temps.

L'utilisation de robinets temporisés peut faire l'objet d'une étude spécifique (la société Delabie donne les critères de calcul sur son site www.delabie.fr, elle recommande un coefficient de simultanéité de 0,6 ou 0,7 pour les douches temporisées).

Pour les robinets de chasse qui ne fonctionnent que pendant quelques secondes (7 à 10 s), il faudra respecter les règles suivantes. On ne prend en compte que :

- 1 robinet pour 3 installés ;
- 2 robinets pour 4 à 12 installés ;
- 3 robinets pour 13 à 24 installés ;
- 4 robinets pour 25 à 50 installés ;
- 5 robinets pour 50 ou + installés.

Les robinets temporisés nécessitent une pression d'alimentation minimale, cette pression dépendra du choix de la robinetterie (tableau 6.6).

Tableau 6.6 – Pression en fonction de la robinetterie

Lavabos	Douches	Urinoirs	Urinoirs à action siphonique	WC avec robinet de chasse
0,5 à 1,5 bar	0,8 à 1 bar	0,5 à 1 bar	0,6 à 1 bar	0,5 à 1 bar

■ Calcul du débit probable

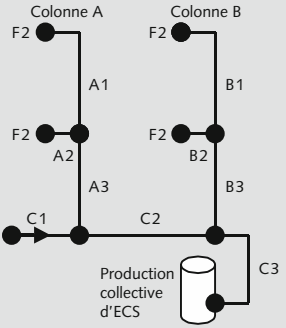
Débit probable = débit de base × coefficient de simultanéité

Le débit probable sera le débit pris en compte pour déterminer le diamètre intérieur de la tuyauterie à partir des abaques.

Exemple de dimensionnement d'une distribution collective d'eau froide – pression disponible

• Débits de base

	Débits de base d'un appartement F2	
	Nombre d'appareils	Débits de base (l/s)
Douche	1	0,20
Lavabo	1	0,20
Évier	1	0,20
WC	1	0,12
Lave-mains	1	0,10
Lave-linge	1	0,20
Total	6	1,02



• Coefficients de simultanéité et débits probables

Repère de la tuyauterie	Tuyauterie ou logement alimenté	Nombre d'appareils	Débit de base (l/s)	Coefficient de simultanéité	Débit probable (l/s)
A1 ou B1	F2	6	1,02	0,358	0,365
A2 ou B2	F2	6	1,02	0,358	0,365
A3 ou B3	A1+A2 ou B1+B2	12	2,04	0,241	0,492
C1*	A3 +B3 + C3	24	4,08	0,160	0,653
C2*	B3 et C3	20	3,44	0,184	0,633
C3*	ECS pour les 4 F2	16	2,80	0,207	0,578

* Lorsqu'une tuyauterie alimente une production d'eau chaude et une distribution d'eau froide, on ne compte les appareils qu'une seule fois.
La formule utilisée dans ce tableau pour le calcul des coefficients de simultanéité est :

$$\text{coefficient} = \frac{0{,}8}{\sqrt{x - 1}}$$

Figure 6.3 – Exemple de dimensionnement d'une distribution collective d'eau froide

…

Pour C 1 : on ne tient pas compte de la production d'eau chaude.
Pour C 2 : on alimente en eau froide la colonne B3 (12 appareils) et en eau chaude les appartements de la colonne A3 (8 appareils), on pourra garder le même diamètre que C 1 ou le réduire.
Pour C 3 : tous les appareils ne sont pas alimentés en eau chaude, on a 4 appareils (douche, lavabo, évier et lave main) par appartement F2 :
– débit de base = 0,70 l/s.
– soit pour 4 F2 : 16 appareils, un débit de base de 2,8 l/s.
– débit probable = $2,8 \times 0,207 = 0,578$ l/s.

3.3 Détermination des diamètres des tuyauteries

Pour déterminer le diamètre de la tuyauterie, il faudra prendre en compte le plus souvent :

- la vitesse de l'eau maximale autorisée,
- le débit calculé précédemment.

■ Vitesses maximales de l'eau dans les tuyauteries

Les vitesses maximales préconisées par le DTU et celles recommandées sont :

- **2 m/s :** tuyauteries en sous sol ou vide sanitaire.
- **1,5 m/s :** colonnes montantes.
- **1 m/s :** branchement d'étage ou alimentation appareil d'un débit supérieur à 3 l/min soit 0,05 l/s (zone d'habitation).
- **0,2 à 0,5 m/s :** tuyauteries de retour d'eau chaude (en l'absence de soutirage).
- **0,2 m/s :** débit minimum pour rester en régime turbulent (qui évite les dépôts dans les tuyauteries).

■ Abaques

À partir de ces deux valeurs et des abaques, on pourra lire les pertes de charge linéaires pour un diamètre de tuyauterie donnée.

Les pertes de charge totales permettront de calculer la pression disponible au point le plus défavorisé afin de vérifier si la pression minimale est suffisante (0,3 bar à 1 bar).

Pour les installations collectives, le DTU 60.11 précise que, pour calculer les pertes de charge en fonction du diamètre et de la vitesse de l'eau, les formules suivantes sont à utiliser :

$$\text{Pour l'eau froide :} \quad j = 4{,}12 \times \frac{v^{1{,}848}}{D^{1{,}279}}$$

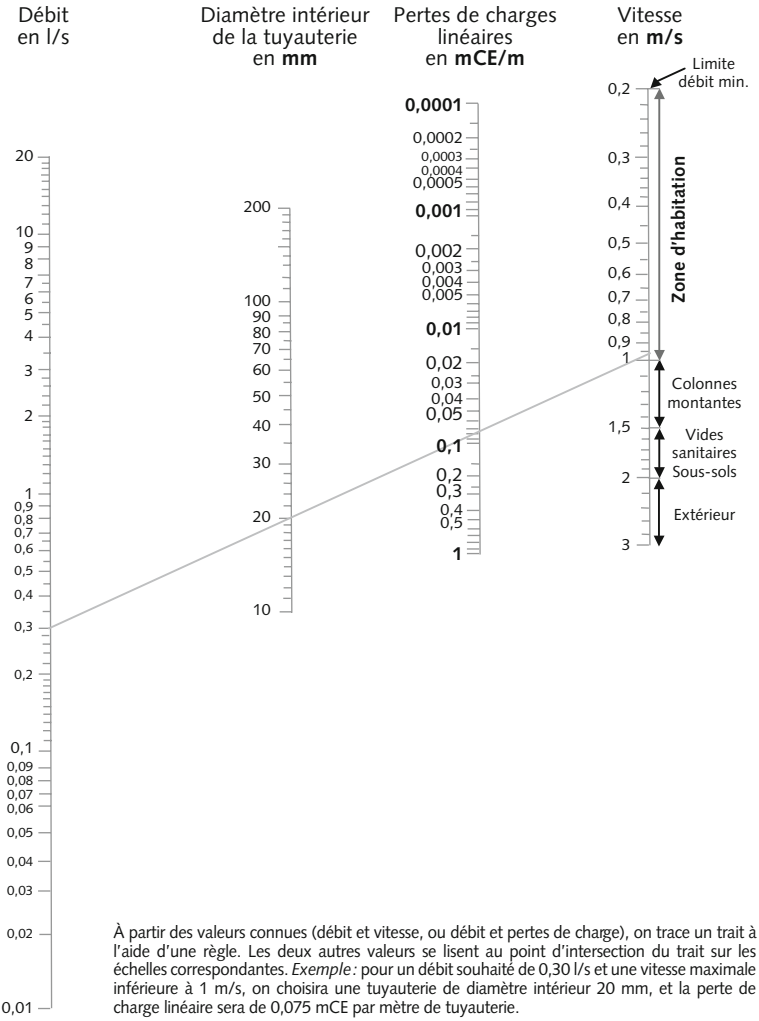
$$\text{Pour l'eau chaude :} \quad j = 3{,}8 \times \frac{v^{1{,}896}}{D^{1{,}276}}$$

avec :
D : diamètre intérieur en mm ;
j : perte de charge en mCE/m ;
v : vitesse en m/s.

On peut traduire ces formules sous la forme d'abaques dont l'usage est plus pratique (figure 6.4).

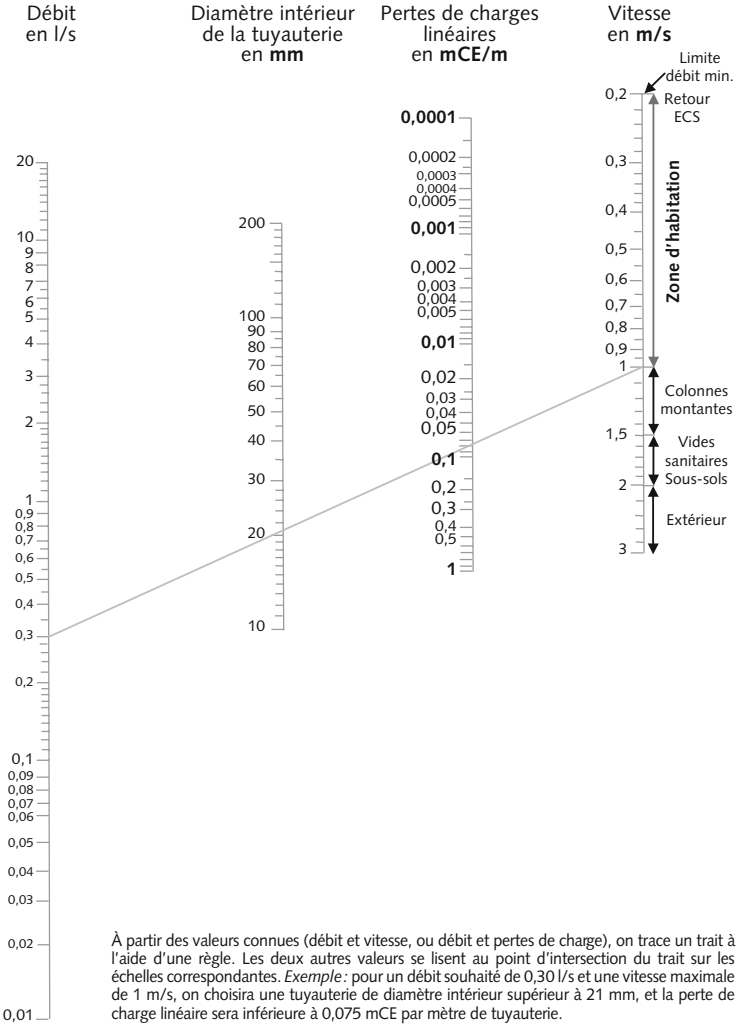
Il existe différentes manières et formules pour calculer les diamètres et les pertes de charge (Flamand, Colebrook…). Dans cet ouvrage nous garderons les formules préconisées par le DTU 60. 11.

Pour les tuyauteries d'eau chaude, il faudra prendre en compte l'entartrage prévisible, ce qui augmentera les pertes de charges.



À partir des valeurs connues (débit et vitesse, ou débit et pertes de charge), on trace un trait à l'aide d'une règle. Les deux autres valeurs se lisent au point d'intersection du trait sur les échelles correspondantes. *Exemple :* pour un débit souhaité de 0,30 l/s et une vitesse maximale inférieure à 1 m/s, on choisira une tuyauterie de diamètre intérieur 20 mm, et la perte de charge linéaire sera de 0,075 mCE par mètre de tuyauterie.

Figure 6.4 – Abaque pour le dimensionnement des tuyauteries d'eau froide



À partir des valeurs connues (débit et vitesse, ou débit et pertes de charge), on trace un trait à l'aide d'une règle. Les deux autres valeurs se lisent au point d'intersection du trait sur les échelles correspondantes. *Exemple :* pour un débit souhaité de 0,30 l/s et une vitesse maximale de 1 m/s, on choisira une tuyauterie de diamètre intérieur supérieur à 21 mm, et la perte de charge linéaire sera inférieure à 0,075 mCE par mètre de tuyauterie.

Figure 6.5 – Abaque pour le dimensionnement des tuyauteries d'eau chaude

Les pertes de charge de ces abaques seront les pertes de charge d'une tuyauterie en acier. Elles seront plus faibles pour une tuyauterie en cuivre (de 10 à 15 %), en PVC (de 15 à 20 %), en matériaux de synthèse... En cas de doute, on utilisera des abaques fournis par les fabricants de tuyauterie.

Les débits utilisés pour les calculs sont des débits maximum souhaités aux robinetteries. L'évolution des robinetteries actuelles qui proposent des dispositifs d'économie d'eau (limitation du déplacement de la poignée du mitigeur, diaphragme installé dans le mousseur…), entraîne un débit réel à la robinetterie plus faible que celui calculé, sans perte de confort.

Mais ce n'est pas une raison pour sous-dimensionner les tuyauteries.

À l'inverse, la pose d'une colonne de douche ou d'accessoires de balnéothérapie nécessite un débit plus important ce qui implique un dimensionnement plus important du diamètre des tuyauteries. Certains équipements nécessitent une pression supérieure à 1 bar pouvant aller jusqu'à 3 bar (pression qui sert à caractériser les performances d'une robinetterie).

Toutes proportions gardées, et à cause des erreurs de mesure et de lecture, les abaques pourront être utilisés de différentes manières :

☐ **Dimensionnement d'une tuyauterie**

À partir du débit désiré et de la vitesse maximum autorisée, on détermine le diamètre intérieur minimum de la tuyauterie. Dans l'exemple tracé sur l'abaque d'eau froide (figure 6.4), si l'on souhaite un débit de 0,30 l/s dans une zone d'habitation (vitesse maximum 1 m/s), le diamètre minimum intérieur de la tuyauterie devra être de 20 mm.

☐ **Calcul des pertes de charges**

À partir du débit souhaité et du diamètre de la tuyauterie sélectionnée (en respectant les vitesses conseillées), on pourra calculer la perte de charge linéaire de la tuyauterie. En connaissant la pression à l'origine, on pourra donc calculer la pression au point de puisage.

Dans l'exemple tracé sur l'abaque d'eau froide (figure 6.4), la perte de charge pour une tuyauterie en cuivre 22×1 sera de 0,075 mCE/m, soit, pour une tuyauterie de 20 m, une perte de charge totale de 1,5 mCE = 0,15 bar. Si la pression à l'origine est de 1 bar, la pression au point de puisage (non compris les pertes de charge de la robinetterie) sera de : 1 – 0,15 = 0,85 bar.

☐ **Contrôles d'une vitesse**

Lorsque l'on souhaite contrôler la vitesse dans l'installation (en cas de dysfonctionnement : coup de bélier…) à partir du débit mesuré à la robinetterie et de son diamètre extérieur, on pourra lire sur l'abaque la vitesse à l'intérieur de la tuyauterie.

Sur l'abaque d'eau froide (figure 6.4), pour un débit mesuré de 0,30 l/s, la vitesse dans une tuyauterie de diamètre intérieur 12 (cuivre 14 × 1) sera de 2,7 m/s, ce qui est beaucoup trop pour une tuyauterie située à l'intérieur).

□ **Détermination d'un débit**

Lorsque la tuyauterie est suffisamment longue et la prise de pression suffisamment précise, ou dans le cas de vannes d'équilibrage (pour lesquelles la qualité de fabrication permet de connaître précisément les pertes de charges en fonction du débit), on pourra, à partir de la mesure des pertes de charge et des diamètres de la tuyauterie (ou de la vanne), connaître le débit et la vitesse dans la tuyauterie.

Dans l'exemple tracé sur l'abaque d'eau froide (figure 6.4), si l'on mesure une perte de charges de 0,3 bar sur une tuyauterie de diamètre intérieur 20 mm (cuivre 22 × 1) et de longueur 40 m, la perte de charge linéaire sera de 0,0075 bar, soit 0,075 mCE/m. On pourra en déduire le débit, de 0,30 l/s, et la vitesse dans la tuyauterie, de 0,95 m/s.

Même si leurs usages semblent difficiles, ces abaques peuvent rendre de grands services. Il faut noter toutefois que les fabricants de tuyauteries proposent dans leurs catalogues les abaques correspondant à leurs produits. En effet, les pertes de charge varient en fonction de la rugosité intérieure des tuyauteries, les tuyauteries en acier, en cuivre, ou en PER n'ont donc pas les mêmes caractéristiques.

Lorsque l'on a déterminé le diamètre intérieur des tuyauteries, il faut s'assurer que la pression disponible au point le puisage le plus défavorisé reste acceptable (1 bar à l'entrée d'un appartement ou d'un immeuble, 0,3 bar à la robinetterie, plus pour des équipements particuliers).

3.4 Vérification de la pression au point le plus défavorisé

Pour connaître la pression au point le plus défavorisé, il faut connaître la **pression à l'origine** (pression au point de raccordement sur le réseau).

La compagnie qui a en charge le réseau de distribution fournira les renseignements nécessaires. Lorsque le réseau est « faible » ou présente une pression irrégulière (vieux réseaux sous-dimensionnés), il est souhaitable de placer un enregistreur de pression pendant au moins 24 heures (de préférence pendant une semaine) pour déterminer l'heure à laquelle la pression est la plus faible du réseau.

Il faudra dimensionner l'installation pour que la pression au point de puisage reste suffisante dans les conditions les plus défavorables.

Si malgré tout, la pression reste insuffisante, il faudra installer des surpresseurs pour augmenter la pression.

En cas de trop forte pression (supérieure à 4 bar), il suffira de poser un détendeur (réducteur de pression) au point d'alimentation.

En règle générale on considère qu'une pression à l'origine est convenable si elle dépasse de 1 à 1,5 bar la pression nécessaire pour atteindre le dernier étage du bâtiment (pression statique) en tenant compte des pertes de charge du réseau.

$$P_{origine} = P_{statique} + PdC + 1{,}5$$

Dans l'exemple tracé sur l'abaque d'eau froide (figure 6.4), la perte de charge pour une tuyauterie en cuivre 22 × 1 sera de 0,075 mCE/m, soit, pour une tuyauterie de 25 m, une perte de charge totale de 1,87 mCE = 0,187 bar.

Si le point le plus défavorisé se trouve au dernier étage d'une villa de 2 étages (hauteur statique 7 m), la pression à l'origine (au compteur) devra être de : 0,7 + 0,187 + 1,5 = 2,38 bar. La pression au point de puisage (non compris les pertes de charge de la robinetterie) sera de : 2,38 – 0,7 – 0,187 = 1,5 bar.

En reprenant l'exemple de la figure 6.3, si on considère :

- que la pression à l'entrée de chaque F2 doit être d'au moins 1 bar ;
- que l'appartement le plus défavorisé est celui situé au bout de la colonne B1 ;
- que les longueurs de tuyauteries sont : A1/B1 = 4 m, A2/B2 = 1 m, A3/B3 = 3 m, C1 = 6 m, C2 = 10 m, C3 = 3 m ;
- que la vitesse de l'eau devra être inférieure à 1,5 m/s dans les colonnes et 2 m/s dans les sous-sols ;
- que la pression statique nécessaire pour atteindre le dernier étage doit être de 0,8 bar.

On pourra, à l'aide de l'abaque pour le dimensionnement des tuyauteries d'eau froide (figure 6.5) trouver, pour chaque partie de l'installation, les diamètres minimaux et les pertes de charge par mètre en fonction de la vitesse maximum de l'eau et du débit probable.

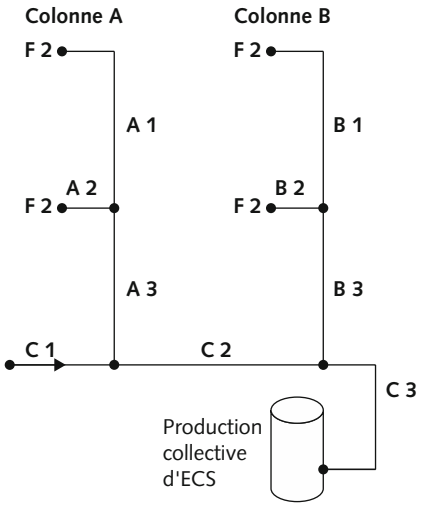


Figure 6.6 – Exemple de distribution intérieure en cuivre d'eau froide d'un immeuble de 3 étages

Tableau 6.7 – Résultats de la lecture sur l'abaque pour le dimensionnement des tuyauteries d'eau froide

Repère de la tuyauterie	Débit probable en l/s	Vitesse maximum de l'eau en m/s	Diamètre intérieur minimum	Tuyauterie cuivre choisie	Perte de charge linéaire en mCE/m	Vitesse réelle de l'eau en m/s	Longueur de la tuyauterie en m	Perte de charge totale en mCE/m
A1 ou B1	0,365	1,5	18	20-22	0,13	1,2	4	0,52
A2 ou B2	0,365	1,5	18	20-22	0,13	1,2	1	0,13
A3 ou B3	0,492	1,5	20	20-22	0,18	1,5	3	0,54
C1	0,653	2	21	26-28	0,09	1,3	6	0,54
C2	0,633	2	20,5	26-28	0,08	1,2	10	0,8
C3	0,578	2	19	20-22	0,25	1,8	3	0,75

Pour l'appartement le plus défavorisé, la perte de charge sera :

PdC C1 + PdC C2 + PdC B3 + PdC B1 = 0,54 + 0,8 + 0,54 + 0,52 = 2,4 mCE soit 0,24 bar

La pression minimum nécessaire à l'entrée de l'immeuble sera donc :

P origine = P statique + P minimum d'écoulement + PdC = 0,8 + 1 + 0,24 = 2,04 bar

Il faudra tenir compte des pertes de charge singulières (détendeur, vannes, coudes…).

On peut voir dans cet exemple que la formule simplifiée peut s'appliquer :

P origine = P statique + PdC + 1,5 = 0,8 + 0,24 + 1,5 = 2,54 bar

Cela laisse 0,5 bar pour les pertes de charge singulières.

L'abaque permet donc de choisir les diamètres des tuyauteries et de contrôler les pertes de charges et les vitesses.

Dans le cas particulier des immeubles de grande hauteur (plus de 10 étages), il faudra prévoir l'installation de détendeurs dans les étages inférieurs pour limiter la pression à 4 bar ou une gestion des pressions par zones.

4 Dimensionnement des tuyauteries – Méthode simplifiée (DTU 60.11)

Cette méthode, qui figure dans le DTU 60.11, est la traduction d'une norme européenne NF EN 806-3. Elle donne des résultats différents des méthodes précédentes.

Dans cette méthode, la vitesse de l'eau prise pour les calculs est de 2 m/s.

Elle peut être utilisée pour les installations simples ou pour les maisons individuelles (mais pas pour les bouclages d'eau chaude sanitaire), lorsque **les débits de puisages sont inférieurs à ceux définis dans la méthode générale et que le puisage est inférieur à 15 minutes** (puisage non continu).

Il faudra :

- tenir compte de la pression minimale d'alimentation au point le plus haut (dans cette méthode, elle est de 1 bar pendant l'écoulement) ;
- **calculer pour chaque section** de la tuyauterie la **charge LU** (qui prend en compte la simultanéité de puisage) ;
- **choisir la tuyauterie** dans les tableaux.

Certains bureaux d'étude français ont émis de fortes réserves sur la pertinence de cette méthode pour le confort des usagers.

■ Pression minimale d'alimentation

La pression minimale d'alimentation devra être de 0,3 bar, soit, en bars :

$$P \text{ alimentation min.} = 0{,}3 + \frac{\text{Hauteur}}{10{,}2} + \text{Pertes de charges}$$

■ Calcul de la charge LU

Pour le calcul de la charge LU concernant les appareils à usage domestique, on peut utiliser le tableau 6.8.

Tableau 6.8 – Charge LU des appareils à usage domestique

Appareils	Charge LU	Débit de puisage équivalent (l/s)	Débit minimal de puisage équivalent (l/s)
Lavabo, vasque, lave-mains, bidet et WC avec réservoir de chasse	1	0,1	0,1
Évier, lave-linge, lave-vaisselle, douche	2	0,2	0,15
Urinoir	3	0,3	0,15
Baignoire	4	0,4	0,3
Robinet d'arrosage ou de puisage	5	0,5	0,4
Évier ou baignoire à usage non domestique	8	0,8	0,8
WC avec robinet de chasse (DN 20)	15	1,5	1,0

■ Choix de la tuyauterie

Le choix de la tuyauterie se fait grâce aux tableaux 6.9 et 6.10.

Il faut tenir compte de la valeur maximale unitaire (valeur du tableau 6.8) et de la charge maximale totale (somme des valeurs unitaires des appareils raccordés).

Tableau 6.9 – Choix des tuyauteries pour le raccordement unitaire des appareils

Type de tuyauterie choisie / **Longueurs maximales** (en m) / **Diamètre** extérieur × épaisseur (en mm). Pour des longueurs supérieures, il faut prendre le diamètre au-dessus.							
Valeur unitaire LU max pour 1 point de puisage	**Cuivre**	**Multi-couches**	**PEX – PB série 5**	**PPR série 2,5**	**PVC-C série 4**	**Acier inoxydable**	**Acier galvanisé à chaud**
1 - Lavabo, vasque, lave-mains, bidet et WC avec réservoir de chasse	**20 m en 12 × 1**	16 × 2 ou 16 × 2,25	**20 m en 12 × 1,1**	**20 m en 16 × 2,7**	**16 × 1,8**	**15 × 1**	**DN 15 1/2**
2 - Évier, lave-linge, lave-vaisselle, douche	*7 m en 12 × 1* ou **15 m en 14 × 1 (ou en 15 × 1)**		4 m en 12 × 1,1	**12 m en 16 × 2,7**	**16 × 1,8**	**15 × 1**	
3 - Urinoir	15 m en 14 × 1 (ou en 15 × 1)	**9 m en 16 × 2 ou 16 × 2,25**	**15 m en 16 × 1,5**	**15 m en 20 × 3,4**	**10 m en 16 × 1,8**	**15 m en 15 × 1**	
4 - Baignoire	9 m en 16 × 1	**5 m en 16 × 2 ou 16 × 2,25**	**9 m en 16 × 1,5**	**9 m en 20 × 3,4**	**6 m en 16 × 1,8**	**9 m en 15 × 1**	**10 m en DN 15 1/2**

Type de tuyauterie choisie / **Longueurs maximales** (en m) / **Diamètre** extérieur × épaisseur (en mm). Pour des longueurs supérieures, il faut prendre le diamètre au-dessus.							
Valeur unitaire LU max pour 1 point de puisage	**Cuivre**	**Multi-couches**	**PEX – PB série 5**	**PPR série 2,5**	**PVC-C série 4**	**Acier inoxydable**	**Acier galvanisé à chaud**
5 - Robinet d'arrosage ou de puisage DN 20	7 m en 16 × 1	**4 m en 16 × 2 ou 16 × 2,25**	4 m en 16 × 1,5	**7 m en 20 × 3,4**	**5 m en 16 × 1,8**	**8 m en 15 × 1**	**DN 20 3/4**
8 - Évier ou baignoire à usage non domestique	**18 × 1**	**20 × 2,5**	20 × 1,9	**25 × 4,2**	20 × 2,3	**18 × 1**	**6 m en DN 15 1/2**
15 - WC avec robinet de chasse (DN 20)	Se reporter au tableau suivant ou consulter les données constructeur						

Pour les autres types de tuyauteries, se reporter aux données constructeur, ou choisir la tuyauterie la plus proche.
Les **valeurs en gras** sont celles extraites du NF DTU 60.11, les autres sont celles de la norme NF EN 806-3.

Tableau 6.10 – Choix des tuyauteries – Distribution d'étage et collective

Type de tuyauterie choisie / **Longueurs maximales** (en m) / **Diamètre** extérieur × épaisseur (en mm). Pour des longueurs supérieures, il faut prendre le diamètre au-dessus.									
Charge totale LU max	**Valeur LU max d'un appareil**	**Cuivre**	**Multi-couches**	**PEX – PB série 5**	**PPR série 2,5**	**PVC-C série 4**	**PVC-C série 6,3**	**Acier inoxy-dable**	**Acier galvanisé à chaud**
2	2	*7 m en 12 × 1* ou **15 m en 14 × 1**	16 × 2 ou 16 × 2,25	4 m en 12 × 1,1	**12 m en 16 × 2,7**	**16 × 1,8**		**15 × 1**	**DN 15 1/2"**
3	2	*5 m en 12 × 1* ou **15 m en 14 × 1**	**9 m en 16 × 2 ou 16 × 2,25**	**16 × 1,5**	**8 m en 16 × 2,7**				
3	3	15 m en 15 × 1	9 m en 16 × 2 ou 16 × 2,25	**15 m en 16 × 1,5**	**15 m en 20 × 3,4**	**10 m en 16 × 1,8**		**15 m en 15 × 1**	
4	2	**9 m en 14 × 1**	**5 m en 16 × 2 ou 16 × 2,25**						

Type de tuyauterie choisie / **Longueurs maximales** (en m) / **Diamètre** extérieur × épaisseur (en mm). Pour des longueurs supérieures, il faut prendre le diamètre au-dessus.									
Charge totale LU max	**Valeur LU max d'un appareil**	**Cuivre**	**Multi-couches**	**PEX – PB série 5**	**PPR série 2,5**	**PVC-C série 4**	**PVC-C série 6,3**	**Acier inoxy-dable**	**Acier galvanisé à chaud**
4	3	15 m en 14 × 1	5 m en 16 × 2 ou 16 × 2,25	**9 m en 16 × 1,5**	**9 m en 20 × 3,4**			**9 m en 15 × 1**	**DN 15 1/2"**
4	4	9 m en 16 × 1		9 m en 16 × 1,5		**6 m en 16 × 1,8**			
5	2	**7 m en 14 × 1**	**4 m en 16 × 2 ou 16 × 2,25**			**5 m en 16 × 1,8**			
5	4	**16 × 1**	4 m en 16 × 2 ou 16 × 2,25	9 m en 16 × 1,5		**20 × 2,3**			
6	3		**18 × 2**	**7 m en 16 × 1,5**	**7 m en 20 × 3,4**			**7 m en 15 × 1**	

Type de tuyauterie choisie / **Longueurs maximales** (en m) / **Diamètre** extérieur × épaisseur (en mm). Pour des longueurs supérieures, il faut prendre le diamètre au-dessus.									
Charge totale LU max	**Valeur LU max d'un appareil**	**Cuivre**	**Multi-couches**	**PEX – PB série 5**	**PPR série 2,5**	**PVC-C série 4**	**PVC-C série 6,3**	**Acier inoxy-dable**	**Acier galvanisé à chaud**
6	4	**18 × 1**	18 × 2	**20 × 1,9**	**25 × 4,2**				**10 m en DN 15**
	5								
10	4		**20 × 2,5**					**18 × 1**	**6 m en DN 20 3/4"**
10	8	**22 × 1**	**26 × 3**						
13	4					**32 × 3,6**	**DN 32**	**22 × 1**	
16	8			**25 × 2,3**	**32 × 5,4**				

Les **valeurs en gras** sont celles extraites du NF DTU 60.11, les autres sont celles de la norme NF EN 806-3.

Tableau 6.11 – Choix des tuyauteries – Distribution collective

Type de tuyauterie choisie / **Longueurs maximales** (en m) / **Diamètre** extérieur × épaisseur (en mm). Pour des longueurs supérieures, il faut prendre le diamètre au-dessus.									
Charge totale LU max	**Valeur LU max d'un appareil**	**Cuivre**	**Multi-couches**	**PEX –PB série 5**	**PPR série 2,5**	**PVC-C série 4**	**PVC-C série 6,3**	**Acier inoxy-dable**	**Acier galva-nisé à chaud**
20	5	**22 × 1**	**26 × 3**	**25 × 2,3**	**32 × 5,4**	**32 × 3,6**	**DN 32**	**22 × 1**	**DN 25 1''**
	/							**28 × 1,2**	
25	5	**28 × 1**	**32 × 3**						
30	/			**32 × 3**					
40	/				40 × 6,7				
45	/	**28 × 1**	**32 × 3**	**32 × 3**	**40 × 6,7**	**32 × 3,6**	**DN 32**	**28 × 1,2**	**DN 32 1''1/4**
50	/					**40 × 4,5**			
55	/	**35 × 1**						**35 × 1,5**	
70	/		**40 × 3,5**	**40 × 3,7**					
80	/				**50 × 8,4**				
160	/						**DN 40**		

Type de tuyauterie choisie / **Longueurs maximales** (en m) / **Diamètre** extérieur × épaisseur (en mm). Pour des longueurs supérieures, il faut prendre le diamètre au-dessus.									
Charge totale LU max	**Valeur LU max d'un appareil**	**Cuivre**	**Multi-couches**	**PEX –PB série 5**	**PPR série 2,5**	**PVC-C série 4**	**PVC-C série 6,3**	**Acier inoxy-dable**	**Acier galva-nisé à chaud**
165	/	**35 × 1**	**40 × 3,5**	**40 × 3,7**	**50 × 8,4**	**50 × 5,6**	**DN 40**	**35 × 1,5**	**DN 40 1"1/2**
180	/	**42 × 1 ou 42 × 1,2**	**50 × 4**	**50 × 4,6**	**63 × 10,5**			**42 × 1,5**	
200	/								
240	/								
300	/						**DN 50**		
420	/								**DN 50 2"**
430	/								
500	/								
540	/								
570	/								
600	/								

Les **valeurs en gras** sont celles extraites du NF DTU 60.11, les autres sont celles de la norme NF EN 806-3.

La figure 6.7 donne un exemple de dimensionnement d'une distribution intérieure d'eau froide en cuivre pour un immeuble de trois étages à l'aide de la méthode simplifiée.

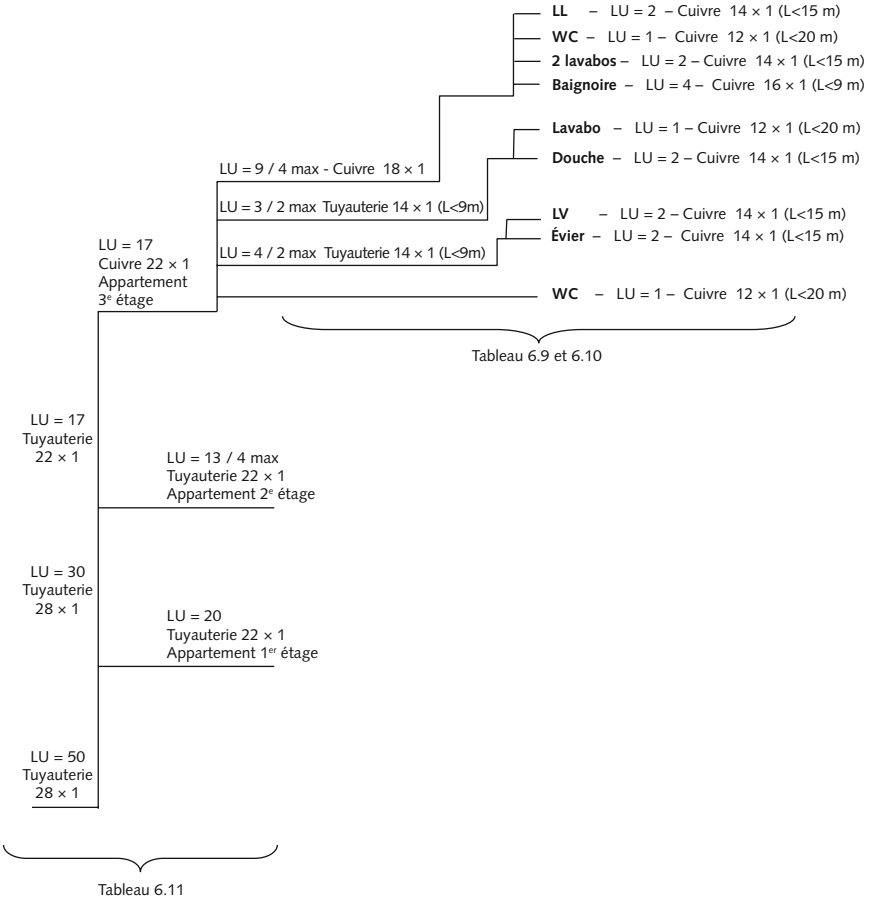


Figure 6.7 – Exemple de distribution intérieure en cuivre d'eau froide d'un immeuble de trois étages

La sélection des tuyauteries s'effectue en partant des appareils. Le tableau 6.9 permet le choix des tuyauteries individuelles :

- Lave-linge – LU = 2 : la tuyauterie peut être en cuivre 14 × 1 si la longueur est inférieure à 15 mètres, sinon il faudra choisir du 16 × 1.
- WC – LU = 1 : tuyauterie cuivre 12 × 1 si la longueur est inférieure à 20 mètres, sinon il faudra choisir du 14 × 1.
- 2 lavabos LU = 2 : tuyauterie cuivre 14 × 1 si la longueur est inférieure à 15 mètres, sinon il faudra choisir du 16 × 1.
- Baignoire – LU = 4 : tuyauterie cuivre 16 × 1 si la longueur est inférieure à 9 mètres, sinon il faudra choisir du 18 × 1.

Ainsi de suite pour les autres appareils.

Pour les parties communes, on utilisera les tableaux 6.10 et 6.11.

- Alimentation de la salle de bain : LU = 9 et LU max appareil = 4 : on prendra LU 10 avec LU max = 4, le tableau donnera : tuyauterie cuivre 18 × 1.
- Alimentation de la salle d'eau : LU = 3 et LU max appareil = 2 : on sélectionnera une tuyauterie cuivre 14 × 1 si la longueur est inférieure à 15 m.
- Alimentation cuisine : LU = 4 et LU max appareil = 2 : on sélectionnera une tuyauterie cuivre 14 × 1 si la longueur est inférieure à 9 m.

Ainsi de suite pour les autres tuyauteries.

Il faudra ensuite calculer les pertes de charge et vérifier les pressions minimales au point de puisage.

Dans la pratique

Le choix de la tuyauterie pour un appareil ou pour un groupe d'appareils reste simple.

Pour plusieurs appartements, il faudra soigner l'étude et vérifier les pertes de charge.

5 Anciennes installations

La pression et le débit des réseaux publics de distribution d'eau n'a pas été toujours suffisante. On trouve encore dans de vieux bâtiments des installations comportant des réservoirs de stockage alimentés par des robinets flotteurs. La distribution se fait par écoulement gravitaire dans des colonnes descendantes. Les réservoirs de stockage sont bien souvent en zinc, ils sont recouverts d'un couvercle protégeant l'eau d'une pollution éventuelle. Un dispositif de trop-plein est prévu pour évacuer l'eau à l'extérieur en cas de débordement du réservoir (figure 6.8).

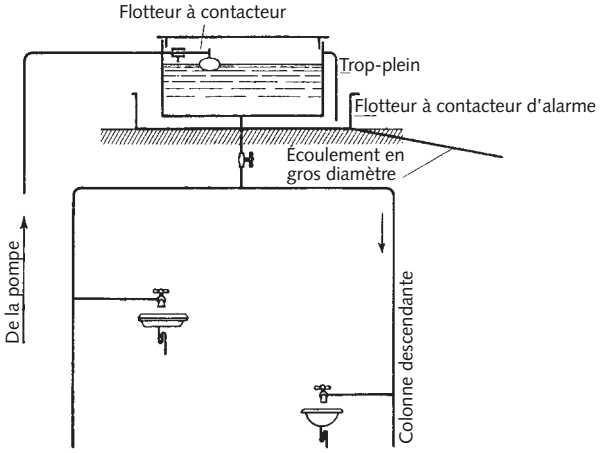


Figure 6.8 – Installation dite « en parapluie » par l'emploi d'un réservoir de combles

6 Accessoires des installations

Ces colonnes sont encore parfois en plomb basse pression, il n'est pas toujours possible de les alimenter en direct sur le réseau lors d'une rénovation car leurs sections sont trop petites et elles ne résistent pas toujours à des pressions élevées. De plus les canalisations en plomb ne sont plus autorisées en installations neuves ou lors d'opérations de grosse rénovation, il faudra les remplacer entièrement.

Les installations en plomb ne sont plus compatibles avec les normes sur la qualité de l'eau. En effet, la nuit, le plomb de la tuyauterie se dissout dans l'eau. Le premier verre du matin présente souvent des teneurs en plomb supérieures à la norme.

6.1 Détendeurs

Lorsque la pression du réseau est trop importante (supérieure à 4 bar), il est nécessaire de la réduire. Pour cela on utilise un appareil appelé détendeur, régulateur de pression ou réducteur de pression. Ces trois termes

désignent des appareils qui ont des caractéristiques légèrement différentes mais qui assurent tous la même fonction : la réduction de la pression.

Le modèle le plus couramment employé est le modèle suivant (figure 6.9).

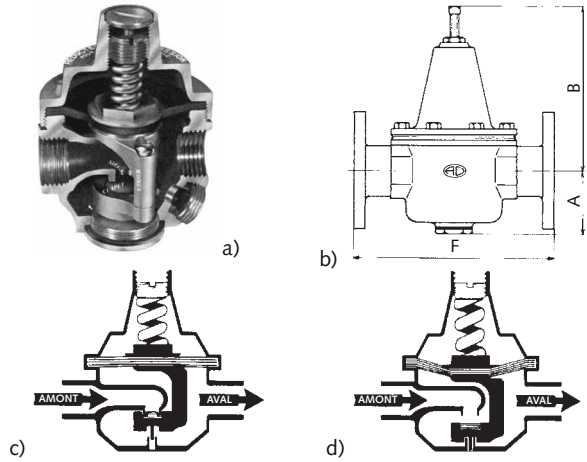


Figure 6.9 – Réducteur de pression. Sté Desbordes

La pression en amont (la plus forte) s'exerce sur le clapet qui se trouve sur l'étrier (partie mobile du détendeur) et le pousse vers le bas.

La pression aval (la plus faible) s'exerce sur la membrane située au-dessus de l'étrier et la pousse vers le haut.

Le ressort et la vis de réglage situés au-dessus de la membrane vont permettre de régler la pression désirée à la sortie du détendeur (pression aval).

Sur la figure 6.9c, le robinet de l'installation est fermé, la pression aval pousse la membrane vers le haut et fait remonter l'étrier. Il y a équilibre entre la faible pression exercée sur la membrane (qui a une surface importante) et la forte pression exercée sur le clapet (qui a une surface faible) : le clapet est fermé, la pression aval est celle réglée par le ressort.

Sur le la figure 6.9d, le robinet de l'installation est ouvert, la pression aval diminue, la force exercée sur la membrane aussi, l'étrier descend et l'eau passe dans le détendeur pour rétablir la pression aval demandée.

Lorsque l'écart de pression entre la pression amont et la pression aval est trop important, il sera souhaitable de placer 2 détendeurs en cascade pour sécuriser l'installation (par exemple : pression amont 30 bar – pression aval 1 bar).

■ Choix du détendeur

Dans la pratique, on choisira un détendeur d'un diamètre égal à celui de la canalisation sur laquelle il doit être monté. Pour limiter le bruit de l'appareil, on limitera la vitesse de l'eau dans le détendeur en choisissant un modèle à partir de l'abaque constructeur (figure 6.10).

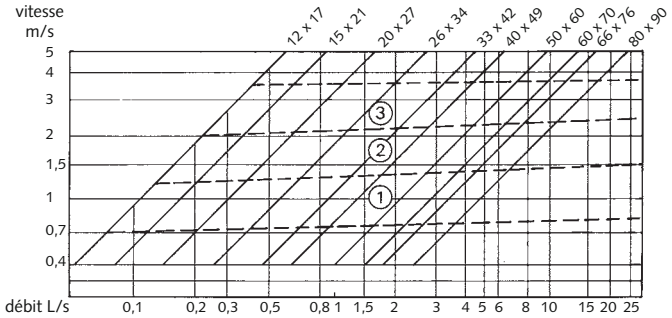


Figure 6.10 – Abaque de la société Desbordes, Lyon

Les trois zones représentées par les pointillés, définissent les niveaux de confort :

- zone 1 : zone d'habitation (pas de bruits, appartement…) ;
- zone 2 : zone d'activité (magasins, zone commerciale…) ;
- zone 3 : zone inoccupée ou industrielle (cave, entrepôts, industrie…).

D'une manière générale, on veillera à ce que la vitesse de l'eau dans le détendeur soit conforme à la vitesse recommandée pour la tuyauterie sur laquelle il est installé.

Attention

Il ne faut pas surdimensionner un détendeur.
Pendant le fonctionnement d'un détendeur, la pression se stabilise dans le corps du détendeur lors du mouvement de la membrane. Lorsque les débits sont faibles et que le détendeur est surdimensionné, on risque d'avoir un phénomène de « pompage » du détendeur. Le clapet s'ouvre et se ferme sans arrêt, ce qui provoque une usure prématurée du détendeur.

6.2 Sectionnement, arrêt et vidange des tuyauteries

Les robinetteries doivent être conformes à l'arrêté du 29 mai 1997 modifié, sur la compatibilité des matériaux et de l'eau potable, ou porter la certification NF « Robinetterie sanitaire » ou son équivalent européen.

- Le robinet d'arrêt général du bâtiment doit être placé en limite de propriété, il sera équipé d'un robinet ou d'un dispositif de vidange.
- Lorsque l'installation est importante (immeubles), chaque colonne devra être équipée d'une robinetterie d'arrêt permettant l'isolement et la vidange. Ces robinets devront être placés dans des parties communes facilement accessibles et pouvoir être identifiées.
- Lorsqu'il existe un branchement d'étage, il doit être muni d'un robinet d'arrêt, ce robinet doit être placé le plus près possible de la colonne, de préférence dans les parties communes, si ce n'est pas possible, dans le même local que les appareils desservis.
- Il est recommandé d'équiper chaque appareil d'un robinet d'arrêt individuel.
- Tous les appareils de chasse, les chauffe-bains, les chauffe-eau à accumulation, les compteurs, les machines à laver… et d'une manière générale tous les appareils spéciaux doivent être obligatoirement munis de robinets d'arrêt individuel.
- Les robinets d'arrêt doivent être normalisés (NF), de même diamètre que les tuyauteries sur lesquelles ils sont posés et facilement démontables.
- Les robinets installés sur les réseaux d'eau potable depuis le 31 décembre 2002 doivent faire l'objet d'une attestation de conformité sanitaire (ACS) qui garantit l'innocuité des matériaux vis-à-vis de l'eau transportée.

Toutes les robinetteries se ferment en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre et s'ouvrent en tournant dans le sens opposé des aiguilles d'une montre. Si ce n'est pas le cas, il faut l'indiquer par une étiquette qui précise le sens d'ouverture, fixée sur ou à côté de la robinetterie.

Il faudra respecter quelques règles simples de pose et d'usage :

- Positionner les outils sur les parties à pans prévus pour cet effet (il ne faut pas prendre le corps du robinet dans l'outil).
- Ne pas fileter les tubes sur une longueur trop longue, ils entreraient trop profondément dans le robinet et gêneraient le mécanisme de fermeture.
- Ne pas introduire de filasses ou de résines d'étanchéité à l'intérieur des robinets.
- Lorsque la vanne est coincée, il ne faut pas forcer avec un levier sur la poignée de commandes. Il faut la débloquer en agissant par mouvement de va-et-vient successif.
- Lorsque l'on ne sait pas si la vanne est ouverte ou fermée (vanne à opercule), il faut essayer de tourner le volant de commandes dans un sens. Si cela ne fonctionne pas, il faudra le tourner dans l'autre sens pour vérifier si l'opercule n'est pas déjà en position de butée.
- Lorsque la vanne fuit, un serrage excessif n'est pas la solution, il faut bien souvent remplacer le clapet.
- Une vanne doit être actionnée régulièrement sur toute sa course pour éviter qu'elle ne grippe (au moins une fois par an, plus souvent sur les réseaux d'eau chaude).

Les robinetteries du bâtiment ont des dimensions normalisées en fonction du diamètre nominal (diamètre de passage) ou du diamètre de raccordement (filetage) ; NF E 29-141 et NF E 29-144 à 149 (tableau 6.12).

On trouve des robinets d'arrêt DN 8 à 40, des robinets de puisage DN 8 à 25, des robinets d'arrosage DN 12 à 40…

Il conviendra dans tous les cas de vérifier pour les robinetteries, et plus généralement pour tous les accessoires posés sur un réseau sanitaire, s'ils bénéficient d'une attestation de conformité sanitaire (compatibilité avec l'eau potable).

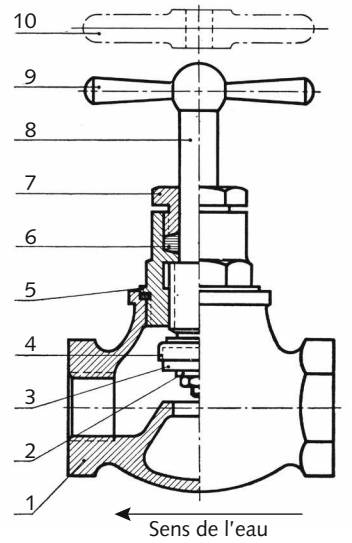
Tableau 6.12 – Correspondance entre le diamètre nominal et le filetage des robinetteries du bâtiment

Filetage	DN
¼	8
3/8	10
½	15
¾	20
1	25
1 ¼	32
1 ½	40
2	50
2 ½	65
3	80

Il existe de très nombreux modèles de robinetteries, en voici quelques-uns.

■ Robinetterie à clapet

Le corps de la robinetterie est généralement en laiton, la tête est démontable et il existe des modèles de tête à clef.



1. Corps
2. Rondelle
3. Disque plastique
4. Porte-disque
5. Convercle
6. Garniture
7. Fouloir
8. Tige
9. Potence
10. Volant

Figure 6.11 – Robinet d'arrêt

Il est nécessaire de respecter le sens de passage de l'eau (figures 6.11 et 6.12). La tête de type duo (figure 6.13) présente un presse-étoupe que l'on peut resserrer en cas de fuite, la tête à joint torique (figure 6.14) est à remplacer en cas de fuite. Il est recommandé de monter des robinets à passage intégral (ou passage direct) sur les conduites collectives (figure 6.15).

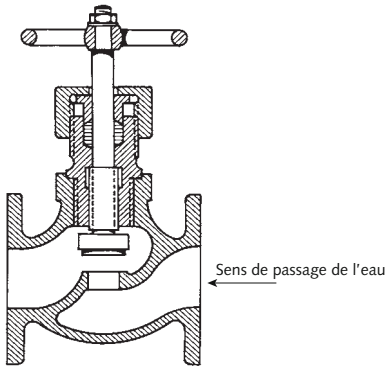


Figure 6.12 – Robinet à soupape. Tige montante à vis intérieure. L'eau doit exercer une pression sous le clapet en position fermée

Figure 6.13 – Tête « duo » (société Huot)

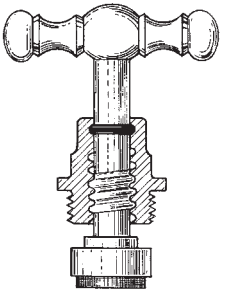


Figure 6.14 – Joint torique

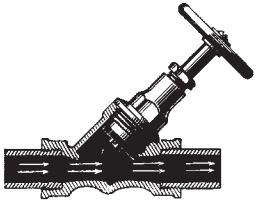


Figure 6.15 – Robinet d'arrêt à passage intégral

À noter

La pression de l'eau doit toujours s'exercer sur le dessous du clapet pour ne pas gêner l'ouverture. Il y a donc un sens de raccordement.

■ Robinetterie à opercule

Un opercule métallique vient fermer le passage de la tuyauterie. Ce type de robinetterie doit être actionné régulièrement pour éviter le dépôt de tartre qui empêche la fermeture complète de l'opercule lorsque cela est nécessaire (figures 6.16 et 6.17).

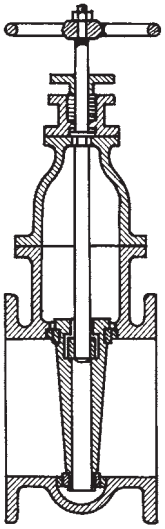


Figure 6.16 – Robinet vanne à tige fixe et à vis intérieure

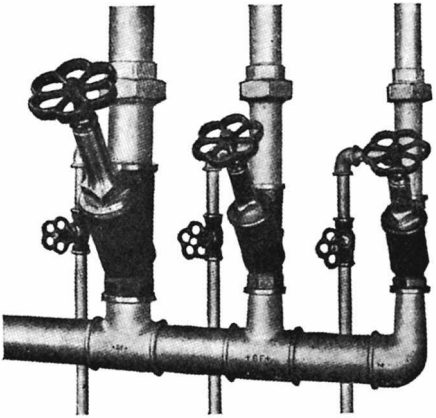


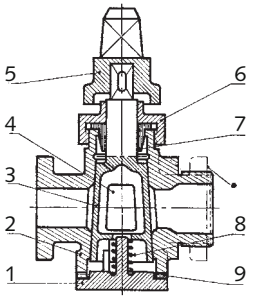
Figure 6.17 – Nourrice montée entièrement avec des raccords en fonte malléable Fischer (société des Raccords de France)

Dans la pratique

Lorsque la vanne est bloquée, il faut faire un mouvement de va-et-vient sur le volant pour « casser » les dépôts.

■ Vanne à boisseau

Les vannes à boisseau sont principalement utilisées sur les vannes de vidange, elles doivent être actionnées à l'aide d'une clef à molette. Le boisseau percé en son centre permet un passage intégral. La tête de l'axe est marquée d'une fente : lorsque la fente est dans un l'axe de la tuyauterie, la vanne est ouverte ; lorsque la fente est en travers de la tuyauterie (perpendiculaire à l'axe), la vanne est fermée (figure 6.18).



1. Plaque de fermeture et d'arrêt
2. Boisseau
3. Tournant
4. Lumière
5. Chapeau d'ordonnance
6. Chapeau presse-garniture
7. Garniture d'étanchéité
8. Ressort
9. Joint de la plaque de fermeture

Figure 6.18 – Robinet à boisseau tournant

■ Vanne à bille (à tournant sphérique)

Ce type de vanne est le plus employé de nos jours. Elles nécessitent d'être actionnées régulièrement pour éviter que la bille ne se bloque, elles sont conformes à la norme NF EN 13828. Lorsque la poignée est dans le sens de la tuyauterie, la vanne est ouverte ; lorsque la poignée est en travers de la tuyauterie la vanne est fermée. Il existe de nombreuses qualités de vannes, il faudra donc s'assurer que le modèle choisi convient bien à l'usage prévu (figure 6.19).

Schéma en coupe transversale d'une vanne à bille

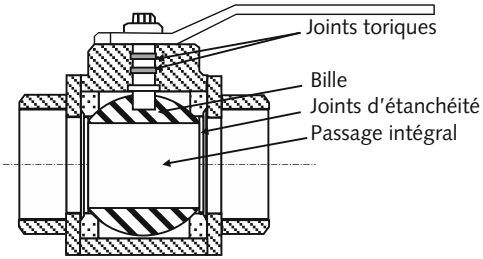


Figure 6.19 – Vanne à bille

■ Vanne à papillon

Les vannes à papillons sont principalement utilisées pour les gros diamètres, sur les installations de génie climatique ou sur les installations de gaz. Elles permettent un passage intégral (figure 6.20), elles se positionnent généralement entre 2 brides qui viennent comprimer les joints d'étanchéité.

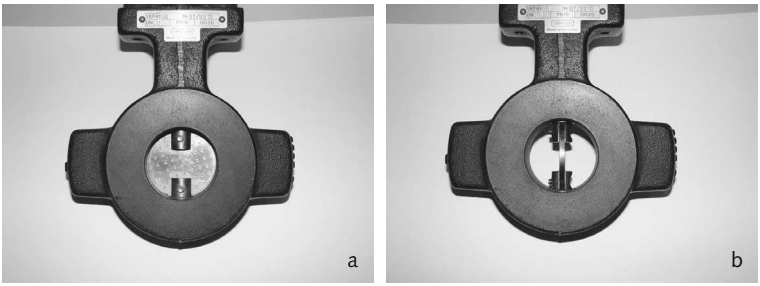


Figure 6.20 – Vanne papillon
a) position fermée.
b) position ouverte.

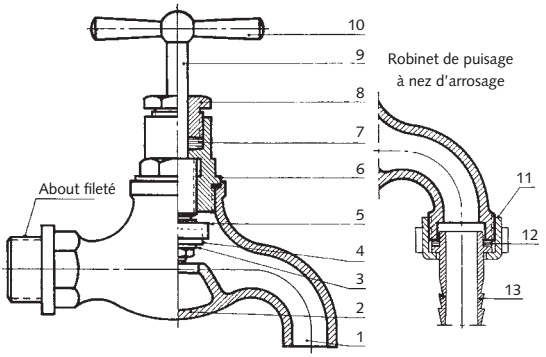
■ Vanne à fonction particulière

De nombreuse vannes ou robinetteries intègrent des fonctions supplémentaires :

- clapets anti-retour,
- robinet de vidange,
- prise de pression,
- dispositifs antithermosiphon,
- limiteur de débit…

■ Robinet de puisage

Le modèle le plus courant est le robinet à tête papillon, il existe aujourd'hui des têtes céramiques quart de tour adaptables sur ce type de robinet (figure 6.21).



1. Nez.
2. Corps.
3. Rondelle.
4. Disque plastique.
5. Porte-disque.
6. Couvercle.
7. Garniture.
8. Fouloir.
9. Tige.
10. Potence.
11. Écrou raccord.
12. Joint.
13. Douille cannelée.

Figure 6.21 – Robinets de puisage ou de purge (terminologie particulière à la robinetterie de bâtiment)

Ils doivent être conformes à la norme NF P43-015 ou porter la certification NF « Robinetterie de réglage et de sécurité ».

Le robinet de puisage a un nez lisse, sans embout. Il est posé à 80 cm du sol, un caniveau ou un siphon est prévu au sol.

Le robinet d'arrosage est équipé d'un dispositif anti-pollution de type HA, d'un raccord au nez. Il doit être au moins à 40 cm du sol.

Dans la pratique

Il faut faire attention au sens de montage des vannes et robinets.

6.3 Dispositifs anti-retour et anti-pollution

Lorsque l'on veut s'assurer que l'eau ne circule que dans un seul sens dans l'installation, on installera un clapet anti-retour. Il existe différents modèles : les clapets à boule ou à sphère, les clapets guidés à ressort, les clapets à battant (figure 6.22)… Certains clapets se referment sous leurs propre poids , d'autres ont un ressort de rappel.

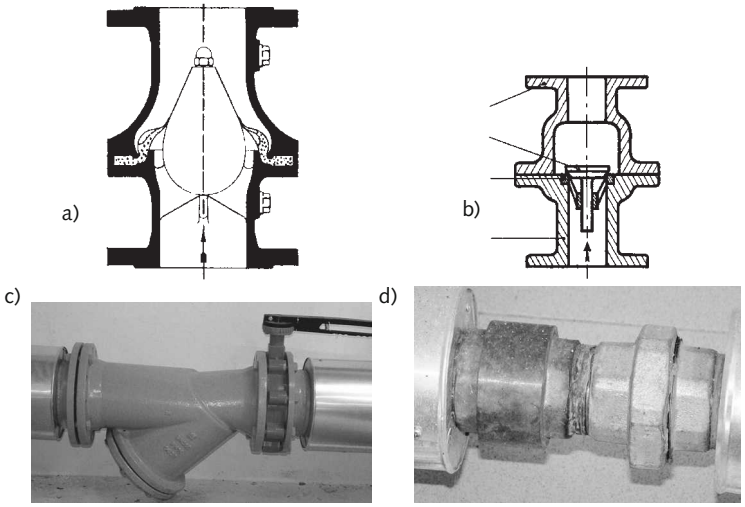


Figure 6.22 – Clapets anti-retour :
a) clapet en néoprène de 40 mm et au-dessus (Métra) ;
b) clapet guidé pour conduite verticale ; c) clapet à boule fonte ;
d) clapet à clapet guidé York monté sur union galva.

Figure 6.23 – Vanne de compteur et clapet anti-retour de type EA

Un simple clapet anti-retour (figure 6.23) ne suffit pas toujours comme dispositifs anti-pollution. On les utilise comme clapet de non-retour sur les flexibles de douche, les tuyauteries d'arrosage, les coffrets compteurs...

Lorsque l'on veut interdire la pollution du réseau d'eau potable par une eau polluée, il faudra installer un disconnecteur. Le disconnecteur est un appareil qui comporte deux clapets anti-retour. Un dispositif de mise à l'égout entre ces deux clapets interdit tout retour d'eau polluée sur le réseau d'eau potable (figure 6.24). Il est obligatoire dans de nombreux cas.

Selon les risques de pollution, le modèle de disconnecteur sera différent.

Figure 6.24 – Disconnecteur Scudo (Thermador)

On consultera le schéma du paragraphe « Protection des réseaux » du chapitre 5 « Réseaux de distribution », page 249.

Bien entendu la position des différents locaux et ouvrages à réalisés devra faire l'objet de plans, coupes et schémas détaillés (compteurs, ceinture principale, robinets d'arrêt, nourrice, colonnes montantes, équipements spéciaux, passage des canalisations...) sur lesquels sera précisé le diamètre et le nature des tuyauteries, le diamètre des percements à réaliser...

L'entreprise de plomberie fournira au maître d'œuvre les plans de percements nécessaires à la réalisation de son installation afin que ceux-ci soient réalisés par l'entreprise de gros œuvre ou des entreprises spécialisées (parois porteuses d'épaisseur ≥ 15 cm).

7 Mise en service d'une installation sanitaire

Pendant la mise en œuvre, les canalisations sont nettoyées de tout corps étranger (au moment du façonnage : ébarbures de coupe, poussières...).

Les coupes d'extrémité seront alésées au diamètre réel de la tuyauterie.

7.1 Rinçage

Lors de la mise en service, un rinçage de toutes les canalisations devra être réalisé le plus rapidement possible :

- Il s'effectuera tube après tube en partant du plus éloigné du branchement.
- Lorsqu'il y a des étages, il faudra commencer par l'étage le plus haut.
- Pour les installations d'eau chaude, lors du rinçage, l'eau ne doit pas circuler dans l'appareil de production d'ECS.
- Il faudra démonter tous les accessoires susceptibles de réduire le débit (filtres, débitmètres, mousseurs, douchettes…) et ouvrir entièrement toutes les vannes.
- Le rinçage doit s'effectuer en laissant couler 20 fois le volume d'eau contenu dans l'installation.

Dans la pratique

Il est compliqué de calculer le volume d'eau de chaque tuyauterie. Si on prend une vitesse d'eau de 1 à 2 m/s, pour une tuyauterie de 10 m, il faudra 5 à 10 s pour que toute l'eau se soit écoulée. Pour laisser couler 20 fois le volume, il faudra laisser couler dans ce cas 100 à 200 s, soit 1 min 40 s à 3 min 20 s pour une tuyauterie de 10 m.

7.2 Essais d'étanchéité

Lorsque l'installation est remplie d'eau froide et que la purge d'air est effectuée, il faut effectuer un essai d'étanchéité sur tous les réseaux, sauf :

- les parties privatives apparentes ;
- les parties inaccessibles privatives qui ne comportent pas d'assemblages ;
- les parties modifiées d'une longueur inférieure à 3 mètres ;
- les appareils munis d'une soupape de sécurité.

Pour les parties citées ci-dessus, un essai à la pression de service sera réalisé suivi d'un examen visuel des tuyauteries.

Les essais sont réalisés en fonction du type de tuyauterie utilisé :

- Tuyauteries cuivre – acier galvanisé – acier inoxydable – PVC U – PE Ø ≤ 63 mm :
  - mise en eau ;
  - purge d'air ;
  - fermeture des robinets et purgeurs d'air ;
  - mise en pression à 1,1 fois la pression maximale de fonctionnement admissible pendant 10 minutes (on utilisera une pompe d'épreuve) ;
  - la pression ne doit pas baisser. Sinon, il faut rechercher les fuites.
- Tuyauteries polyéthylène PE Ø > 63 mm :
  - mise en eau ;
  - purge d'air ;
  - fermeture des robinets et purgeurs d'air ;
  - mise en pression à 1,1 fois la pression maximale de fonctionnement admissible en 30 minutes. Rajouter de l'eau si nécessaire toutes les 10 minutes. Puis attendre 30 minutes ;
  - si la baisse de pression est inférieure à 0,6 bar, on peut considérer qu'il n'y a pas de fuite évidente ;
  - continuer le contrôle pendant 2 heures ;
  - si la baisse de pression est inférieure à 0,2 bar, on peut considérer qu'il n'y a pas de fuite. Sinon, il faut la rechercher.

7.3 Essais de fonctionnement

Une fois les raccordements définitifs réalisés, il faut réaliser les contrôles de fonctionnement :

- contrôle de fonctionnement des robinetteries ;
- contrôle de fonctionnement des vidages ;
- contrôle de fuite sur les vidanges ;
- contrôle de fonctionnement des WC et contrôle de fuite ;
- contrôle des pressions et des températures ;
- pour l'eau chaude sanitaire :

- contrôle de la température départ,
- mesure du débit au retour général du bouclage,
- mesure de la température de l'eau et du débit à chaque boucle (au niveau de l'organe de réglage),
- équilibrage si nécessaire et inscription des données (date, type de vanne, référence de la vanne, position du réglage, débit calculé ou mesuré).

7.4 Désinfection

Avant la mise en service, il est parfois demandé d'effectuer la désinfection du réseau.

Les produits utilisés devront être compatibles avec l'utilisation sur les réseaux destinés à l'alimentation humaine et avec les matériaux utilisés.

Un affichage sera réalisé sur tous les points de puisage afin d'éviter tout accident.

- Remplissage avec la solution désinfectante.
- Durée de désinfection en fonction du produit utilisé.
- Rinçage en ouvrant tous les robinets pendant au moins 2 heures (ouverture du bas vers le haut et de l'amont vers l'aval du réseau).
- Analyse après 12 heures :
  - micro-organismes revivifiables à 22 °C et à 36 °C,
  - coliformes totaux,
  - température,
  - aspect,
  - dureté totale,
  - chlore libre,
  - pH,
  - conductivité,
  - turbidité,
  - ammonium.

8 Immeubles de grande hauteur (IGH)

Ce type de réalisation fait appel à des cabinets d'architectes et à des bureaux d'études, il faudra dans ce cas respecter le cahier des charges défini.

Quelques règles applicables aux immeubles de grande hauteur pourront parfois être utilisées sur des installations domestiques ou collectives particulières.

Le principal problème rencontré est lié à la hauteur de l'immeuble. La pression nécessaire pour atteindre le dernier étage dépasse bien souvent

la pression disponible sur le réseau. Il faudra dans ce cas installer des systèmes de surpression ou de pompage.

S'il n'est pas possible de pomper directement l'eau dans les canalisations de la ville, il faudra installer après le compteur un réservoir tampon dans lequel les pompes aspireront l'eau. Le volume de ce réservoir sera calculé en fonction des besoins du bâtiment. Il existe deux méthodes pour calculer des besoins : en fonction du nombre d'usagers ou en fonction du nombre d'appareils.

Ces besoins varieront en fonction de la nature du bâtiment (bureaux, hôtels, salles de sport...). Ils seront définis par le bureau d'études, l'installateur n'aura qu'à respecter le cahier des charges.

Les surpresseurs ou groupes de maintien de pression sont détaillés au chapitre 3 Captation et élévation de l'eau.

Chaque installation de maintien de pression alimentera plusieurs étages de manière autonome. En effet, si l'on considère que la pression dans les installations sera comprise entre 1 bar (pression d'un branchement) et 3 bar (pression normale de service), chaque installation aura une hauteur de 20 m maximum (soit environ six étages).

Lorsque la distribution se fait à partir d'un réservoir situé dans les étages supérieurs, la pose de détendeur est possible, elle permettra de dépasser le nombre de six étages pour chacun des réseaux.

La présence de réservoirs, de différents réseaux de distribution, l'installation de pompage ou de surpression… nécessite le plus souvent la présence d'une équipe de maintenance sur site assistée d'une gestion technique centralisée qui permet le contrôle complet de l'installation.

7
PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE

En raison de la forte réduction des consommations de chauffage, l'eau chaude sanitaire devient le premier poste énergivore des bâtiments résidentiels, avec 25 à 30 kWh EP/m²/an sur une valeur moyenne de 50 kWh EP/m²/an (50 kWh équivalent pétrole/m²/an) ; cela représente jusqu'à 50 % de la consommation d'énergie d'une maison (12,1 % en 2012 pour l'ensemble de l'habitat résidentiel en moyenne nationale, source ADEME 2016).

La réglementation thermique 2012 définit les besoins minimums d'eau chaude sanitaire à 40 °C en fonction du type d'usage, du taux d'occupation, du nombre de locaux ou de repas servis…, de la répartition horaire. De plus, elle impose l'utilisation d'énergies renouvelables dans les nouvelles constructions. En effet, pour respecter les objectifs de la **RT 2012** dans le neuf, la production d'eau chaude (qui correspond à 50 % de la consommation énergétique) doit faire appel à des solutions performantes.

Voici des exemples de solutions possibles en maison individuelle :

- **CESI** optimisé avec appoint gaz condensation + 2 m² capteurs solaires minimum + ballon 200 litres,
- **CETI** (PAC avec un COP de 2 minimum),
- réseau de chaleur alimenté à plus de 50 % par des énergies renouvelables,
- micro-cogénération.

D'autres solutions sont possibles :

- ECS chaudière gaz condensation + ballon 40 litres,
- CESI avec appoint électrique + 2 m² capteurs solaires + ballon 300 litres.

Le chauffe-eau électrique est proscrit dans le neuf.

La RT 2018 puis la RT 2020 vont encore abaisser les consommations des bâtiments, puis imposeront des bâtiments à énergie positive (BEPOS) pour les bâtiments publics en 2018, puis pour tous les bâtiments en 2020.

Mais les besoins restent très variables selon les habitudes de l'usager, il faudra donc se renseigner auprès du client pour pouvoir réaliser une installation ayant le niveau de confort qu'il désire.

L'utilisation des formules reste délicate. Pour les installations, simples on se reportera aux prescriptions des normes et DTU ainsi qu'aux recommandations des organismes tels que Promotelec.

L'arrêté ministériel du 30 novembre 2005 impose les températures de production et de distribution d'eau chaude sanitaire dans les nouvelles installations (neuf ou rénovation importante) depuis le 15 décembre 2006 :

À retenir

Limitation des risques de brûlure : températures maximales au point de puisage :

- 50 °C dans les pièces destinées à la toilette (salle de bains, douche, lavabo...) ;
- 60 °C dans les autres pièces (cuisine, buanderie...) ;
- jusqu'à 90 °C pour des cas particuliers (restaurant, cantine...) avec affichage de sécurité.

Limitation du risque de développement des légionelles : température en tout point du réseau de distribution en permanence égale ou supérieure à 50 °C si le volume contenu dans la tuyauterie entre le point de production et le point de puisage le plus éloigné est supérieur à 3 l (environ 20 m de tuyauterie diamètre 14 mm).
Si le volume de stockage est supérieur ou égal à 400 l, l'eau doit être :

- en permanence à une température supérieure ou égale à 55 °C ;
- **ou** portée à une température supérieure à :
  - 70 °C pendant 2 min au moins une fois par 24 h ;
  - 65 °C pendant 4 min au moins une fois par 24 h ;
  - 60 °C pendant 60 min au moins une fois par 24 h.

Dans la pratique

Il convient de placer des mitigeurs thermostatiques au plus près des points de puisage ou à défaut à la sortie de l'appareil de production d'eau chaude.
De nombreux fabricants imposent que la tuyauterie eau chaude à la sortie de l'appareil supporte 100 °C et 10 bar. Ces tuyauteries devront donc être en cuivre ou en flexible tressé inox (NF) d'une

…

longueur d'au moins 50 cm (DTU 60.1) avant d'utiliser des tuyauteries en matériaux de synthèse (multicouches, PER…). Sinon, il faudra un limiteur de température à la sortie de l'appareil.

Les normes et DTU précisent les règles suivantes :

- Les dispositions doivent être prises pour que l'eau chaude arrive rapidement aux robinets (les enquêtes de satisfaction montrent qu'au-delà d'un temps d'attente supérieure à 8 à 10 s l'usager considère cela comme un inconfort).
- Les tuyauteries de distribution doivent être calorifugées, elles doivent pouvoir se dilater librement.
- Tout appareil de production doit être équipé d'un clapet anti-retour et d'une soupape de sécurité.
- Les réseaux de distributions ne doivent pas comporter de « bras morts » (un bras mort est une tuyauterie dans laquelle l'eau ne circule pas ou peu).

On peut définir la production d'eau chaude selon la taille de l'installation. On distinguera :

- la **production individuelle :** d'un appartement, d'une villa… ;
- la **production collective** : d'un immeuble, un hôtel…

La réglementation thermique 2012 (applicable à tous les bâtiments depuis le 1er janvier 2013) impose en maison individuelle l'obligation d'utiliser une énergie renouvelable pour le chauffage et/ou l'eau chaude sanitaire (ECS).

Les solutions pour l'ECS sont :

- chauffe-eau solaire individuel (CESI) thermique (au moins 2 m² de capteurs) ;
- chauffe-eau thermodynamique individuel (CETI) ;
- chaudière micro-cogénération ;
- chaudière condensation + PAC ou solaire.

Le chauffe-eau électrique n'est acceptable qu'en rénovation ; mais il peut souvent être remplacé par un CETI.

1 Critères de dimensionnement

Avant toute réalisation d'une production d'eau chaude, il faudra déterminer les besoins.

Les critères principaux de dimensionnement sont les suivants :

- le débit instantané ;

- le débit de pointe pendant 10 minutes ;
- le débit horaire maximal ;
- la consommation globale journalière ;
- les consommations ponctuelles exceptionnelles ;
- les débits de référence ;
- le type de confort souhaité ;
- le temps d'attente.

Voici le détail de chacun des critères de dimensionnement :

1.1 Débit instantané

Le débit instantané est important pour tous les appareils de production d'eau chaude instantanée. Il déterminera le débit spécifique de l'appareil (débit d'eau chaude en l/min à la sortie de l'appareil pour un écart de température entre l'eau froide et l'eau chaude de 30 °C pour les appareils gaz).

Il se détermine à partir des débits et des calculs de simultanéité utilisés lors du dimensionnement des tuyauteries (se reporter au chapitre 6 sur la distribution intérieure).

Exemple

Pour alimenter une baignoire en eau chaude sanitaire, il faudra un débit instantané de 0,33 l/s soient 19,8 l/min.

Dans la pratique

L'eau chaude est mélangée avec l'eau froide, son débit réel est donc plus faible.

1.2 Débit de pointe pendant 10 minutes

On considère qu'un temps de 10 minutes correspond à un usage normal (temps pendant lequel on laisse couler l'eau avant de refermer le robinet pour se savonner, faire la vaisselle…).

1.3 Débit horaire maximal

On l'appelle parfois débit continu, il correspond aux besoins d'eau chaude sur une plage horaire de 1 heure, il se calcule à partir les préconisations de la RT 2005.

1.4 Consommation globale journalière

Les formules de calcul définies par la réglementation thermique, utilisables pour le logement individuel ou collectif, sont les suivantes :

$$Vm = a \cdot ah \cdot S$$

avec :

Vm : volume d'eau chaude mitigée (à 40 °C) ;

a : besoins unitaires exprimés en litres d'eau à 40 °C ;

ah : coefficient horaire ;

S : surface habitable en mètres carrés.

La valeur de a est donnée dans le tableau 7.1.

Tableau 7.1 – Besoins unitaires (a) exprimés en litres d'eau à 40 °C

Type de construction	Surface habitable	Besoins unitaires a	Légende
Logements individuels	Surface < 27 m²	17,7	ln = logarithme népérien S = surface habitable totale en m² nb Log = nombre de logements Sm = surface habitable moyenne en m² $Sm = \frac{S}{nb\ Log}$
	Surface ≥ 27 m²	$a = \frac{470{,}9 \ln(S) - 1\,075}{S}$	
Logements collectifs	Surface < 27 m²	17,7	
	Surface ≥ 27 m²	$a = \frac{470{,}9 \ln(Sm) - 1\,075}{Sm}$	

Tableau 7.2 – Coefficient horaire (ah) – Bâtiments d'habitation

Plages horaires	Coefficient horaire (ah)
de 7 à 8 h	0,028
de 8 à 9 h	0,029
de 9 à 18 h	0
de 18 à 19 h	0,029
de 19 à 20 h	0
de 20 à 21 h	0,028
de 21 à 23 h	0,029

On peut, à l'aide de ces coefficients, calculer les besoins de production d'eau chaude pour chaque tranche horaire de la journée. Ces besoins permettent de calculer la puissance minimum des appareils de production instantanée.

Dans la pratique

On pourra aussi calculer la puissance instantanée nécessaire à partir du débit de l'appareil et du nombre de robinets à alimenter.

Exemple

Pour un logement individuel de 120 m², les besoins en eau chaude sanitaire se calculeront de la manière suivante :

Calcul du coefficient a :

$$a = \frac{470{,}9 \ln(120) - 1\,075}{120} = 9{,}83$$

Tableau 7.3 – Calcul des volumes d'eau mitigée en fonction des plages horaires

Volumes d'eau mitigée à 40 °C pour un logement individuel de 120 m²	
Plages horaires	**Volumes horaires d'eau mitigée**
de 7 à 8 h	9,83 × 0,028 × 120 = 33
de 8 à 9 h	9,83 × 0,029 × 120 = 34
de 18 à 19 h	9,83 × 0,029 × 120 = 34
de 20 à 21 h	9,83 × 0,028 × 120 = 33
de 21 à 22 h	9,83 × 0,029 × 120 = 34
Total	168 litres

La consommation de base d'eau chaude sanitaire de ce logement sera de 168 l d'eau à 40 °C par jour (sur la base de 7 jours par semaine). Si la production d'eau chaude sanitaire est une production par accumulation à 70 °C, le ballon de stockage devra avoir une capacité minimum de 84 l soit un modèle de 100 l. (Pour le détail de ce calcul se reporter au chapitre 1, Mémento technique ; transfert de chaleur par mélange). Dans la pratique, pour garantir un meilleur confort, on tiendra compte du nombre de personnes (voir le Tableau 7.5).

1.5 Consommations ponctuelles exceptionnelles

Ces consommations constituent des cas particuliers sur une période de la journée, une période de l'année (occupation saisonnière)… Elles sont liées à l'usage des locaux et aux modes de vie des utilisateurs, il sera donc nécessaire de demander aux utilisateurs, s'ils sont connus, de préciser leurs utilisations de l'eau chaude sanitaire.

Exemple

Présence de toute la famille pendant 15 jours en été. Dans ce cas, il sera souhaitable de prévoir une production d'eau chaude complémentaire pour cette période.

1.6 Débits de référence d'eau chaude sanitaire

Une autre manière d'aborder la question consiste à appliquer les débits minimums d'ECS définis dans la norme NF EN 13-203.

On trouvera dans les tableaux ci-dessous les débits en l/min en fonction du type de logement (surface habitable, nombre de salles de bain…) pour les logements individuels (tableau 7.4) et collectifs (tableau 7.5).

Tableau 7.4 – Capacité de production d'eau chaude sanitaire – Débits minimums – Maison individuelle

Capacité de production d'eau chaude sanitaire Production instantanée, micro-accumulée ou accumulée MAISON INDIVIDUELLE	
Type de logement (Surface, nombre de salles de bains, usage)	Débit spécifique à ΔT 30 K
S < 90 m², 1 salle de bains	≥ 14 l/min
S ≥ 90 m², 1 salle de bains	≥ 16 l/min
S ≥ 90 m², 2 salles de bains ou 1 salle de bains + 1 salle d'eau	≥ 18 l/min
S ≥ 90 m², 2 salles de bains ou 1 salle de bains + 1 salle d'eau Usage intensif	≥ 20 l/min

Tableau 7.5 – Capacité de production d'eau chaude sanitaire – Débits minimums – Logement collectif

Capacité de production d'eau chaude sanitaire Production instantanée, micro-accumulée ou accumulée LOGEMENT COLLECTIF	
Type de logement (Surface, nombre de salle de bains, usage)	Débit spécifique à ΔT 30 K
1 salle de bains	≥ 14 l/min
2 salles de bains ou 1 salle de bains + 1 salle d'eau	≥ 18 l/min

En cas d'accumulation, la capacité minimale recommandée est de 20 litres. Les chaudières gaz double service devront porter le marquage CE et avoir trois étoiles (***) selon la norme NF EN 13-203-1.

Cette norme définit des labels pour les appareils domestiques gaz produisant de l'eau chaude sanitaire, d'une puissance inférieure ou égale à 70 kW et d'une capacité de stockage inférieure ou égale à 500 litres :

- en fonction de la **quantité** d'eau chaude sanitaire disponible pendant un puisage de 10 minutes pour un ΔT de 30 °C (tableau 7.6).

Tableau 7.6 – Classement « Robinets » – Débits minimums

1 robinet	Débit < 10 l/min	Ex : 4 l/min – 8 kW	Chauffe-eau
2 robinets	10 ≤ Débit < 15 l/min	Ex : 11 l/min – 24 kW	Chauffe-bain ou chaudière mixte
3 robinets	15 ≤ Débit < 20 l/min	Ex : 16 l/min – 35 kW	Chauffe-bain ou chaudière mixte
4 robinets	Débit ≥ 20 l/min	Ex : 23 l/min – 47 kW	Chauffe-bain ou chaudière mixte en cascade

- en fonction de la « qualité » de l'eau chaude produite.

Cette qualité est calculée à partir de critères classés par ordre d'importance. On trouvera ci-contre un exemple (tableau 7.7).

Tableau 7.7 – Exemple de valeurs du classement par « étoiles »

Critères de confort	Valeur minimale pour obtenir trois étoiles (***)	Valeurs habituelles pour trois étoiles (***)
Temps d'attente	≤ 35 secondes	≤ 5 secondes
Variation de température	≤ 5 K à débit variable ≤ 3 K à débit constant	≤ 2 K à débit variable ≤ 2 K à débit constant
Temps de stabilisation de la température	≤ 30 secondes	≤ 10 secondes
Débit d'eau nominal minimal (qui permet la mise en route de la production d'eau chaude)	≤ 4 l/min	≤ 2 l/min
Variation de température lors de puisages successifs	≤ 10 K	≤ 5 K

Par comparaison, les appareils classés sans étoile ou avec une étoile peuvent avoir des temps d'attente dépassant les 60 s et des écarts de température dépassant les 10 à 20 °C.

La consommation journalière totale d'eau chaude à 50 °C varie de 20 à 50 litres par jour et par personne selon le comportement « économe » ou « gaspilleur ». On respectera donc les normes pour éviter tout litige.

1.7 Confort souhaité

Le dimensionnement détermine les limites de la quantité d'eau chaude disponible. Il est difficile, une fois l'installation réalisée, d'augmenter cette capacité de production.

Le dimensionnement initial est donc primordial, on tiendra compte des conseils suivants :

- L'augmentation du volume de stockage n'est pas toujours judicieuse (à part pour les systèmes solaires qui ont un mode de fonctionnement limité aux apports solaires), on préférera augmenter la puissance de la production, ce qui permettra de renouveler plus souvent le volume d'eau chaude stockée.
- Les habitudes particulières des utilisateurs doivent permettre d'adapter la production d'eau chaude aux besoins réels (douche le matin, bain le soir…).

- Lorsque les distances entre les différents points d'utilisation sont importantes, plusieurs solutions sont possibles :
  - production délocalisée pour les points les plus éloignés ;
  - ballon tampon de maintien en température (équipé d'une résistance de faible puissance), il permet de réduire le temps d'attente au point de puisage ;
  - réalisation d'un bouclage d'eau chaude sanitaire à l'aide d'un circulateur qui maintient une température supérieure à 50 °C dans la boucle de distribution ;
  - pose d'un cordon chauffant pour maintenir la tuyauterie d'eau chaude en température.

Nous voyons que le dimensionnement d'une installation de production d'eau chaude dépend de nombreux critères. L'utilisation des recommandations données par Promotelec permet, pour les petites installations, en fonction du type de confort souhaité de réaliser un dimensionnement rapide pour les accumulateurs électriques. Pour les autres modes de production, il faudra tenir compte de la puissance de l'appareil.

On pourra classer les appareils en fonction de leurs modes de production :

- **Production instantanée** : l'eau est produite au moment du puisage.
- **Production semi-instantanée** ou micro-accumulation : un faible volume d'eau est stocké dans un ballon (de 0,5 l à 15 l), il permet une réponse rapide de l'appareil le temps que la production commence, et un débit d'eau chaude satisfaisant pendant 10 min.
- **Production semi-accumulation** : un volume d'eau de 30 à 50 l est stocké et permet de satisfaire à la demande pendant 1 à 2 h.
- **Production par accumulation** : l'eau est stockée dans un ballon (de 50 à 300 l) et permet de satisfaire à la demande ; le volume d'eau stocké correspond à la consommation journalière.

Pour le dimensionnement d'une installation, on pourra utiliser plusieurs méthodes. En fonction des différents critères choisis, on se reportera dans la plupart des cas aux recommandations des constructeurs.

1.8 Temps d'attente

Il faut prendre en compte le temps d'attente de l'usager, les études réalisées montrent que ce temps d'attente **ne doit pas dépasser les 8 à 10 secondes**.

On trouvera dans les tableaux ci-contre les longueurs maximum des tuyauteries permettant de respecter un temps d'attente inférieur à 10 secondes.

Tableau 7.8 – Longueurs de tuyauterie maximum entre la production d'eau chaude et l'utilisation pour un temps d'attente* inférieur à 10 s

Tuyauterie cuivre		Tuyauterie PER	
10-12	11,5 m	10-12	12,5 m
12-14	8 m	13-16	7 m
14-16	6 m		
16-18	4,5 m	16-20	4,5 m
20-22	3 m	20-25	2,5 m

* Temps calculés en fonction du débit minimum (DTU 60.11) pour 1 douche, 1 lavabo, 1 évier, 1 lavabo ou un bidet (débit total 12 l/min = 0,2 l/s soit 0,1 l/s eau froide et 0,1 l/s eau chaude).

Ces distances sont réduites lorsque le débit est plus faible, ce qui est le cas dans de nombreuses installations (tableau 7.9).

Tableau 7.9 – Longueurs de tuyauterie maximum entre la production d'eau chaude et l'utilisation pour un temps d'attente* inférieur à 10 s pour de faibles débits

Tuyauterie cuivre		Tuyauterie PER	
10-12	8 m	10-12	9 m
12-14	6 m	13-16	5 m
14-16	4 m		
16-18	3 m	16-20	3 m
20-22	2 m	20-25	1,7 m

* Temps calculés en fonction d'un débit inférieur de 30 % par rapport aux débits minimum pour 1 douche, 1 lavabo, 1 évier, 1 lavabo ou un bidet (débit total 8 l/min soit 4 l/min eau froide et 4 l/min eau chaude).

1.9 Isolation des tuyauteries d'eau chaude

La RT 2012 et les labels énergétiques recommandent des isolants de classe 2. On trouvera ci-contre les épaisseurs des isolants Armaflex en fonction du diamètre.

Tableau 7.10 – Pertes linéiques des isolants de classe 2 Armaflex en fonction de l'épaisseur et du diamètre extérieur des tuyauteries

Diamètres extérieurs en mm	Épaisseur en mm	Pertes linéiques UI en W/(m·K)
6 et 8	9	0,22
10 et 12		0,23
15		0,24
18 et 20	13	0,25
22		0,26
25 et 28	19	0,27
30 et 32		0,28
35		0,29
40	25	0,30
42		0,31
48		0,32
50		0,33
54		0,34
57		0,35
60	32	0,36

Les pertes linéiques (UI) permettent de calculer les pertes thermiques de la canalisation (Q).

$$Q = UI \cdot L \cdot (\theta_e - \theta_a)$$

avec :

Q	pertes thermiques en W
UI	Pertes linéiques en W/(m·K)
L	Longueur en mètre
θ_e	Température de l'eau en °C
θ_a	Température de l'air en °C

Cela permet de calculer la chute de température ($\Delta\theta_e$) en fonction du débit (q_v).

$$\Delta\theta_e = \frac{Q}{1160 \cdot qv}$$

avec :

Q	pertes thermiques en W
1160	Capacité thermique de l'eau en Wh/kg.K
q_v	Débit d'eau dans la tuyauterie en m^3/h

Exemple

Sur une tuyauterie d'eau chaude à 50 °C, diamètre extérieur 40 mm, isolant 25 mm, UI = 0,30 W/(m·K) ayant un débit de 300 l/h et une longueur de 50 m, on aura :
pertes linéiques : $Q = UI \cdot L \cdot (\theta_e - \theta_a) = 0{,}30 \times 50 \times (50 - 20) = 450$ W

Chute de température : $\Delta\theta_e = \frac{Q}{1160 \cdot qv} = \frac{450}{1160 \times 0{,}3} = 1{,}29$ K

La perte de température sera donc de 1,3 °C, à la sortie de la tuyauterie l'eau aura une température de 48,7 °C, ce qui est inférieur à la valeur minimale du DTU.

Dans la pratique

Il faudra donc que la température de l'eau à la sortie de l'appareil de production soit à 55 °C et que le dimensionnement de l'installation (départ eau chaude et bouclage) permette une baisse de température inférieure à 5 °C.

2 Appareils de production individuelle d'eau chaude

La production d'eau chaude individuelle peut être réalisée par des appareils à gaz, des accumulateurs électriques, des fourneaux de cuisine, des appareils eau chaude, des ballons réchauffeur couplés au chauffage central, des installations solaires, des pompes à chaleur… Il existe aujourd'hui de très nombreux moyens et systèmes permettant de produire de l'eau chaude sanitaire. La RT 2012 impose pour les logements neufs l'utilisation d'énergies renouvelables (arrêté du 26 octobre 2010).

2.1 Production d'eau chaude – appareils gaz et fioul

■ Chauffe-eau et chauffe-bains gaz instantanés

Débit instantané : la question du débit instantané se pose principalement pour les appareils au gaz instantanés (figure 7.1). Il faut vérifier que l'appareil ait un débit suffisant par rapport au débit instantané probable que l'on calculera selon les règles de calcul du DTU 60.11 (chapitre 6 « Distribution intérieure », page 271).

Figure 7.1 – Chauffe-eau à gaz instantané e.l.m. leblanc

On trouve encore de nombreux chauffe-eau et chauffe-bains gaz dans les appartements ayant des points de puisage éloignés. Le matériel a évolué ces dernières années, la veilleuse permanente est progressivement remplacée par une gestion électronique de l'allumage. Il existe à ce jour de très nombreux modèles en fonctionnement principalement destinés à un marché de remplacement des appareils existants.

On trouve des appareils :

- à **puissance fixe** (le réglage de la température à la sortie de l'appareil se fait manuellement par mélange de l'eau chaude produite avec de l'eau froide, à l'aide d'un bouton situé en façade de l'appareil) ;
- à **puissance ajustable** (il est possible de régler manuellement la puissance de la flamme et donc la température de l'eau chaude à la sortie de l'appareil) ;
- à **puissance modulable** (la puissance de la flamme varie en fonction du débit d'eau qui circule dans l'appareil ou de la température, il permet d'obtenir une température d'eau chaude stable à la sortie de l'appareil).

On pourra trouver encore en service des chauffe-eau non raccordés à un conduit d'évacuation des gaz brûlés (CENR). Ils doivent être munis obligatoirement depuis 1978 (interdits à l'usage depuis 1996) d'une triple sécurité :

- sécurité de flamme (thermocouple),
- sécurité d'atmosphère (CO inférieur à 100 ppm),
- sécurité d'encrassement du corps de chauffe,

et font l'objet de conditions d'installation et de fonctionnement réglementées.

La différence entre un chauffe-eau et un chauffe-bain se fait principalement sur la puissance et le débit d'eau chaude à la sortie de l'appareil :

- les chauffe-eau d'une puissance de 8,72 kW (les anciens 125 mth/min) sont capables de produire 5 l/min pour un écart de température de 25 °C, ils sont conçus pour alimenter un point de puisage (lavabo, évier) ;
- les chauffe-bains d'une puissance supérieure à 17,4 kW peuvent produire plus de 10 l/min, ils sont conçus pour fonctionner lors de puisage plus important (douche, bain).

☐ Principes de fonctionnement

Un appareil gaz instantané est équipé d'un dispositif de sécurité qui permet le contrôle de la flamme (veilleuse permanente et thermocouple, sonde d'ionisation …), d'un dispositif qui permet l'allumage du brûleur dès l'ouverture du robinet d'eau (valves à eau, débitmètre...). Lorsqu'il y

a puisage, le dispositif mécanique ou électronique va gérer l'allumage du brûleur et pourra dans certains cas en moduler la puissance.

■ Appareil gaz à veilleuse permanente

L'allumage de la veilleuse se fait manuellement à la mise en service de l'appareil (figure 7.2). En appuyant sur le bouton de commande, l'utilisateur provoque l'ouverture du clapet gaz de sécurité, ce qui permet l'alimentation en gaz de la veilleuse, mais interdit l'alimentation en gaz du brûleur principal.

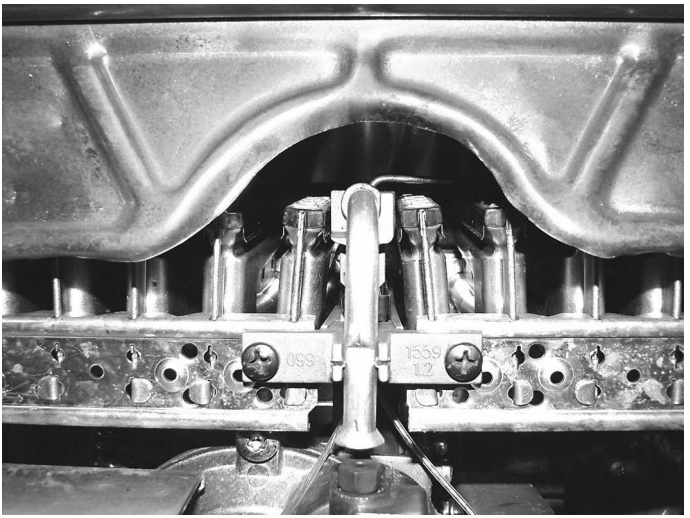


Figure 7.2 – Veilleuse de chauffe-eau

L'allumage de la veilleuse s'effectue à l'aide d'un dispositif piézo-électrique. Lorsque la flamme de la veilleuse est allumée, elle chauffe un thermocouple. Sous l'effet de la chaleur, un courant électrique s'établit dans le thermocouple et alimente une bobine magnétique qui maintiendra le clapet de sécurité gaz ouvert.

Lorsque l'utilisateur relâche le bouton de mise en service, il permet l'alimentation en gaz du brûleur principal. Le clapet de sécurité restera ouvert tant que la flamme de la veilleuse restera allumée.

Si la flamme de la veilleuse s'éteint, le thermocouple refroidi en quelques secondes, le courant électrique disparaît, la bobine n'est plus alimentée, son champ magnétique n'est plus suffisant pour maintenir ouvert le clapet gaz de sécurité, le ressort de rappel ferme le clapet.

L'appareil ne fonctionne plus, il faudra recommencer la procédure d'allumage pour remettre l'appareil en service.

Lorsque l'appareil est en fonctionnement (veilleuse allumée), l'ouverture du robinet d'eau chaude de l'installation provoque le mouvement de la membrane située dans la valve à eau. Cette membrane va actionner l'ouverture progressive du clapet gaz de régulation du brûleur principal et provoquer l'allumage de la flamme. En fonction du débit d'eau chaude demandé, la position de la membrane peut varier ce qui permettra de moduler la puissance de la flamme en fonction des débits d'eau qui passent dans le corps de chauffe pour obtenir une température d'eau chaude stable à la sortie de l'appareil.

Lors de l'arrêt du puisage, la fermeture du clapet gaz (B) est rapide et permet l'arrêt immédiat de la flamme pour éviter l'ébullition dans le corps de chauffe (figure 7.4).

Il existe aujourd'hui d'autres systèmes de régulation que la valve à eau : détecteurs de débit, systèmes thermostatiques…

Les veilleuses et les thermocouples sont des dispositifs « fragiles », toute intervention doit être réalisée par un technicien qualifié.

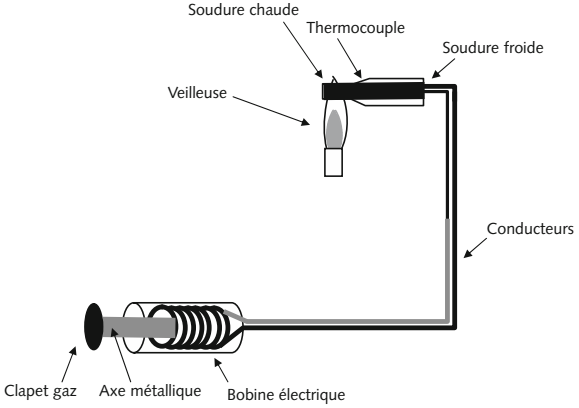
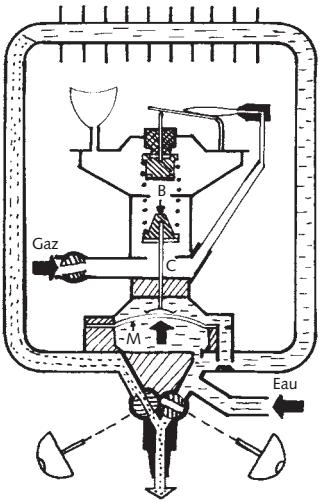


Figure 7.3 – Thermocouple

Pour mémoire : l'ancien dispositif de sécurité utilisée sur les appareils gaz, le bilame, n'est plus fabriqué depuis 1978. Les appareils qui en étaient équipés ont l'obligation d'être remplacés depuis 1996. On trouve pourtant encore quelquefois ce type d'appareils dans les campagnes (figure 7.4).

Ces appareils sont interdits d'usage.



Coupe du mécanisme et du bloc de sécurité

Figure 7.4 – Ancien dispositif bilame

■ Allumage piézo-électrique

Le procédé piézo-électrique utilise une lame de quartz entourée de plaques métalliques (A et B sur la figure 7.5), elle forme un condensateur.

Sous l'effet d'une pression provoquée par un marteau et un ressort, une charge électrique est produite pendant quelques microsecondes, une tension électrique de plusieurs milliers de volts se produit aux bornes du dispositif (l'intensité reste très faible). Cette tension est utilisée pour créer une étincelle qui permettra l'image de la veilleuse.

En appuyant sur le bouton (F), on arme le ressort qui libère brutalement le marteau.

Le dispositif est généralement relié à la masse de l'appareil, le fil isolé haute tension à l'électrode allumage.

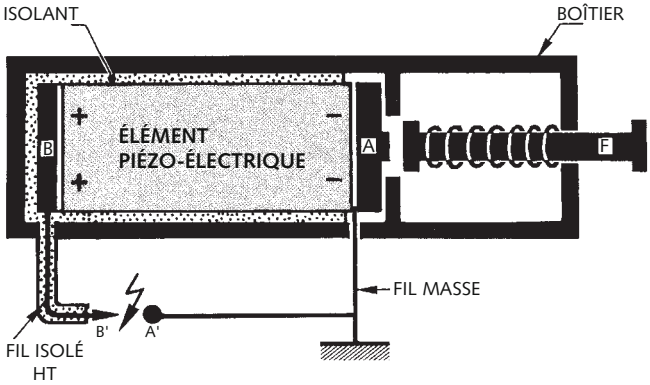


Figure 7.5 – Allumage piézo-électrique

■ Appareils à contrôle de flamme électronique

Pour limiter la maintenance imposée par le vieillissement des thermocouples, les constructeurs ont imaginé des dispositifs électroniques de contrôle de flamme qui permettent de supprimer la flamme de veilleuse permanente (et par là même occasion de réaliser une petite économie sur sa consommation de gaz).

Les sondes d'ionisation sont obligatoires sur les chaudières aujourd'hui. Seuls certains chauffe-eau ont encore des veilleuses.

Figure 7.6 – Sonde d'ionisation

Ces dispositifs nécessitent une alimentation électrique qui est assurée pour les chauffe-eau gaz par les piles ou par un générateur à turbine placée sur l'arrivée d'eau froide.

Lors d'un puisage (détecté par une valve à eau ou un détecteur de débit), le dispositif de contrôle électronique alimente en gaz la veilleuse d'allumage et met sous tension des électrodes d'allumage qui produisent un arc électrique ; la flamme de la veilleuse s'allume, elle est détectée par une sonde d'ionisation (figure 7.6). Lorsque la sonde d'ionisation a détecté la flamme de la veilleuse, le dispositif de contrôle autorise l'ouverture du gaz au brûleur principal, la flamme du brûleur s'allume pour produire de l'eau chaude.

Le principal reproche qui est fait aux chauffe-eau ou chauffe-bains instantanés à gaz est la difficulté d'obtenir une température stable à la sortie de l'appareil. Lorsque la pression et le débit varient dans l'installation (ouverture d'une autre robinetterie) l'appareil va moduler la puissance de la flamme ce qui va entraîner des variations de température au point de puisage et obliger l'utilisateur à modifier en permanence son réglage au mélangeur. L'utilisation de mitigeur thermostatique n'est possible qu'en choisissant un mitigeur thermostatique spécial gaz qui, lors de son réglage de température, ouvrira d'abord l'eau chaude (ce qui permet la mise en marche de l'appareil instantané gaz) puis réglera le débit d'eau froide pour obtenir la température désirée.

■ Chaudières gaz mixtes double service

Les chaudières mixtes sont des appareils capables d'assurer les fonctions de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire.

Dans ce type d'appareils, la priorité est toujours donnée à la production d'eau chaude sanitaire.

□ Appareils à production d'eau chaude sanitaire instantanée

On distinguera principalement deux manières de produire de l'eau chaude instantanée :

Production d'eau chaude par bain-marie dans le corps de chauffe du circuit de chauffage

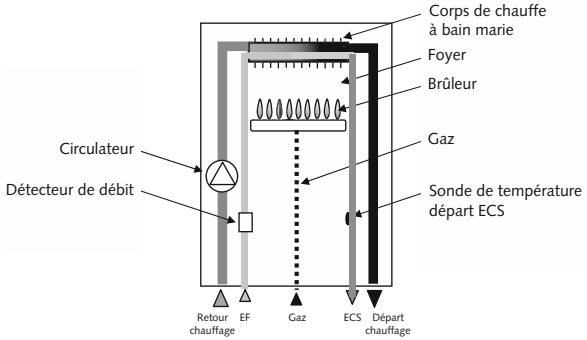


Figure 7.7 – Schéma de principe d'une production d'eau chaude à bain marie. Chaudière gaz mixte à production d'ECS instantanée

Lorsque le puisage d'eau chaude sanitaire est détecté, le brûleur s'allume, chauffe le corps de chauffe du circuit chauffage dans lequel passe la tuyauterie d'eau froide. Par bain-marie, elle va se réchauffer pour produire de l'eau chaude sanitaire (figure 7.7).

Production d'eau chaude par l'intermédiaire d'un échangeur à plaques

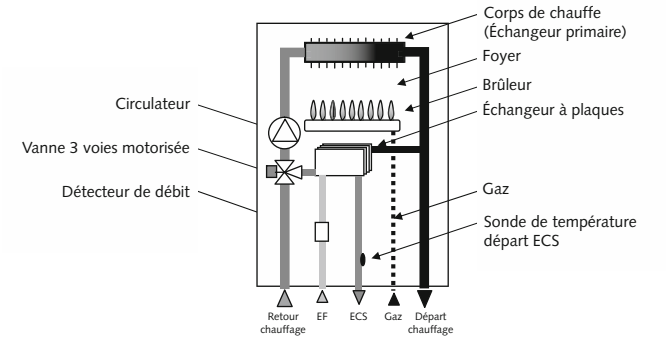


Figure 7.8 – Schéma de principe d'une production d'ECS par échangeur à plaque. Chaudière gaz mixte à production d'ECS instantanée

Lorsque le détecteur de débit indique à la régulation de la chaudière la présence d'un puisage d'eau chaude sanitaire, la vanne trois voies ferme le retour de l'installation de chauffage pour ouvrir la voie du retour de l'échangeur à plaques. L'eau circule alors dans la chaudière grâce au circulateur, en circuit fermé entre l'échangeur à plaques et le corps de chauffe (figure 7.8).

La puissance du brûleur sera régulée de manière à produire l'eau chaude à la température désirée.

☐ **Appareil gaz de production d'eau chaude sanitaire semi-instantanée ou à micro-accumulation**

La présence d'un petit ballon tampon dans l'appareil permet de disposer d'une réserve d'eau chaude (maintenue en température par une résistance chauffante), l'eau chaude sort de l'appareil dès l'ouverture d'un robinet, avant même que le brûleur ne s'allume (figure 7.9).

L'eau chaude est produite par l'échangeur à plaques de la même manière que pour une chaudière à production instantanée et stockée dans le ballon tampon.

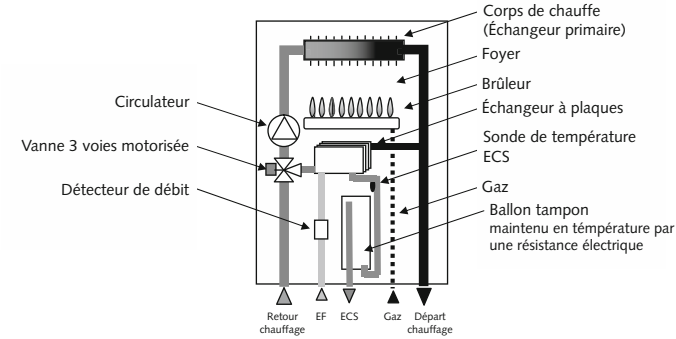


Figure 7.9 – Schéma de principe d'une production d'ECS par échangeur à plaque. Chaudière gaz mixte à micro-accumulation et ballon tampon

On peut aussi produire l'eau chaude et la stocker directement dans un miniballon à serpentin (figure 7.10).

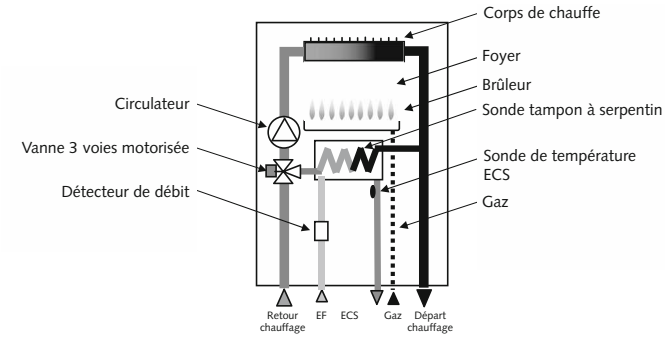


Figure 7.10 – Schéma de principe d'une production d'ECS par échangeur à plaque. Chaudière gaz mixte à micro-accumulation et ballon serpentin

On trouve ce type d'appareil chez chaffoteaux.

☐ **Appareil gaz de production d'eau chaude par semi-accumulation**

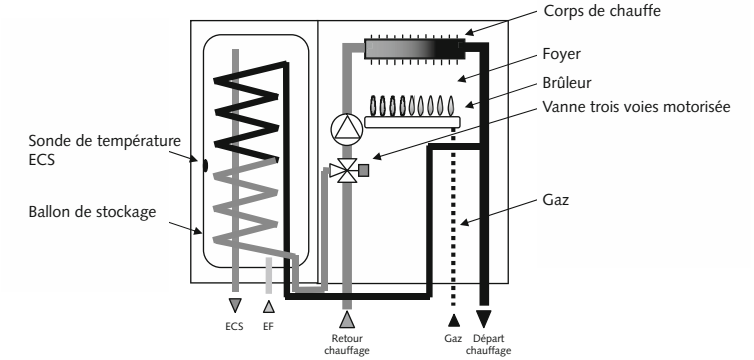


Figure 7.11 – Schéma de principe d'une production d'ECS par semi-accumulation. Chaudière gaz mixte à micro-accumulation et ballon serpentin

La sonde située sur le ballon de stockage de 30 à 50 l permet à la régulation de maintenir le ballon à la température désirée (figure 7.11).

Lorsque la température baisse (puisage d'eau chaude sanitaire), la vanne trois voies change de position et envoie l'eau du circuit de chauffage dans le serpentin situé dans le ballon pour le réchauffer jusqu'à ce que la température de consigne soit atteinte.

Pendant ce temps, les radiateurs ne sont plus alimentés.

Ce volume tampon plus important permet d'assurer un débit horaire important.

On trouvera le même type d'appareil équipé d'un réservoir plus important, on parlera alors de production par accumulation. La réserve d'eau chaude importante permettra dans certains cas d'autoriser le fonctionnement de l'installation de chauffage pendant le réchauffage du ballon (qui dans ce cas durera plus longtemps).

☐ **Appareils gaz de production d'eau chaude par accumulation**

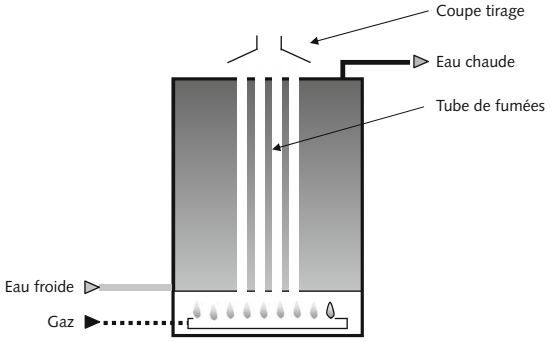


Figure 7.12 – Schéma de principe d'une production d'ECS par accumulation. Chauffe-eau gaz à accumulation

Les fumées traversent le réservoir de stockage et permettent une montée en température rapide du volume d'eau (figure 7.12). Ce type d'appareil est souvent utilisé dans les campings, il est capable de fournir, en 1 heure, 200 à 300 l d'eau chaude.

L'entartrage des corps de chauffe des appareils gaz provoquant une très forte perte d'efficacité, il est nécessaire de contrôler la qualité de l'eau ou de détartrer périodiquement les appareils à l'aide de produits ayant reçu une attestation de conformité sanitaire.

Lors du détartrage chez le client, on utilisera des appareils spécifiques permettant de faire circuler la solution détartrante dans le corps de chauffe.

D'une manière générale les appareils fonctionnant au gaz devront être raccordés en conformité avec les DTU et règlements en vigueur. Il faudra notamment veiller aux ventilations, à l'évacuation des gaz brûlés, à l'étanchéité du circuit d'alimentation gaz…

Ces points réglementaires sont traités dans le chapitre 16, Installations gaz.

■ Chaudières au sol – production d'ECS par accumulation – gaz et fioul

Ces appareils ont généralement une puissance inférieure à 50 kW, ils assurent le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire d'une habitation. Ils sont capables de produire en une demi-heure 150 à 350 l d'eau chaude.

Comme pour les chaudières au gaz, la priorité est toujours donnée à l'eau chaude sanitaire.

Le chauffage de l'eau sanitaire peut se faire de différentes manières :

- Par **bain-marie :** le réservoir sanitaire est à l'intérieur de la chaudière, l'eau du circuit le chauffage l'entoure dans sa totalité (figure 7.13).
- Par échangeur **serpentin :** l'eau du circuit chauffage circule dans un serpentin pour réchauffer la cuve d'eau chaude sanitaire (figure 7.14). L'eau est prélevée sur le circuit chauffage :
  - directement à l'aide d'un circulateur spécifique, son fonctionnement est commandé par le thermostat de régulation de la cuve d'eau chaude sanitaire. Pendant son fonctionnement, le circulateur de chauffage peut être arrêté ou continuer de fonctionner ce qui augmentera le temps nécessaire pour réchauffer le ballon d'eau chaude sanitaire (figure 7.14) ;

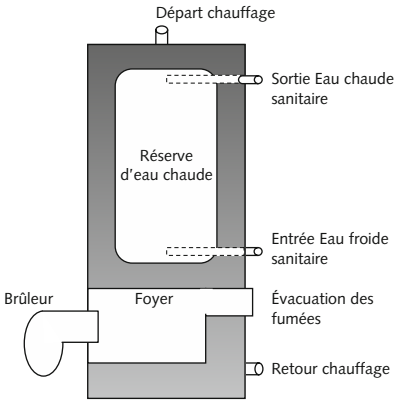


Figure 7.13 – Chaudière à bain-marie

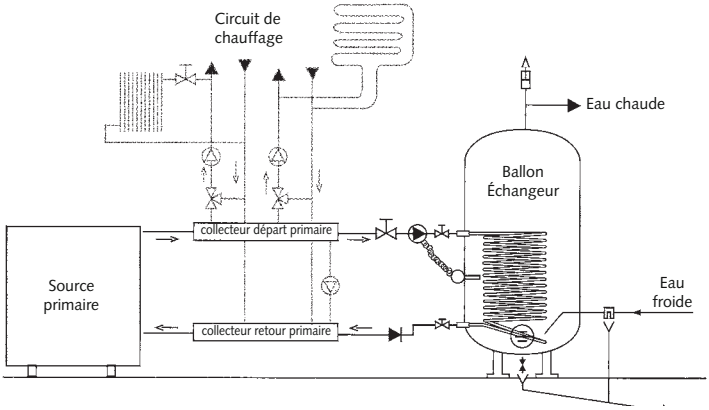


Figure 7.14 – Chaudière échangeur à serpentin, Pacific

- à l'aide du circulateur de chauffage et d'une vanne trois voies. Dans ce cas la vanne trois voies fonctionne en tout ou rien, l'appareil fonctionne en mode chauffage ou en réchauffage du ballon d'eau chaude sanitaire.

On trouve le même type de montage pour les chaudières gaz au sol.

Les chaudières gaz, fioul, bois… ont généralement une puissance importante qui permet une production d'ECS à la demande.

Les énergies renouvelables seront de plus en plus présentes dans les installations.

2.2 Chauffe-eau électriques (effet Joule)

Les chauffe-eau électriques permettent de produire de l'eau chaude à partir d'une résistance électrique chauffante. Il en existe environ 11 millions en service, et environ 1 million sont remplacés chaque année (source ADEME 2016).

Il existe principalement 3 modèles :

- **Chauffe-eau à accumulation** : ils nécessitent un volume important, la quantité d'eau disponible est limitée et le temps de chauffe est long (6 à 7 h). Ils permettent de bénéficier du double tarif jour/nuit d'EDF pour les volumes supérieurs à 100 l (figures 7.15 et 7.16).
- **Chauffe-eau de faible capacité** : ils sont destinés à des points de puisage éloignés et peuvent fournir une petite quantité d'eau chaude (10, 15, 30 et 50 l). Le temps de chauffe est plus court (30 min à 4 h 30 selon la capacité).

- **Chauffe-eau instantanés**: ils permettent de produire l'eau chaude au moment du puisage, mais nécessitent une grosse puissance électrique.

Figure 7.15 – Chauffe-eau horizontal (document Atlantic)

Chaque appareil correspond à des situations et des besoins particuliers. Il faut donc dans chaque cas évaluer les avantages et les inconvénients des solutions envisagées en fonction du mode de vie de l'utilisateur et des recommandations faites sur les niveaux de confort (Promotelec…).

Figure 7.16 – Chauffe-eau vertical sur trépied (document Atlantic)

Figure 7.17 – Chauffe-eau sous évier (document Atlantic)

■ Normes des appareils électriques

Ces appareils doivent être conformes aux normes.

Ils doivent porter la marque NF Électricité (sécurité électrique du produit, protections des utilisateurs) ou NF Électricité Performance (sécurité, performance et fiabilité plus importante) et doivent être de catégorie B ou C (tableau 7.11).

Les appareils conformes à la norme NF Électricité Performance catégorie C ont des niveaux de performance supérieurs à ceux imposés par la RT 2005 et sont les seuls autorisés depuis la RT 2012.

Tableau 7.11 – Catégories de la Norme NF Électricité Performance

Catégorie B ***(conforme à la RT 2005)***	1,7 fois son volume d'eau en eau chaude à 40 °C pour la même consommation d'énergie Temps de remise en température (50 °C) : 7 h Pertes statiques par refroidissement (sans soutirage d'eau) : – Vertical = 0,22 + 0,0057 × Volume en kWh / 24 h – Horizontal = 0,75 + 0,008 × Volume en kWh / 24 h
Catégorie C ***depuis le 1er juillet 2006 applicable dans la RT 2012***	1,75 fois son volume d'eau en eau chaude à 40 °C pour la même consommation d'énergie 10 % d'isolant en plus que la catégorie B. Système de protection anticorrosion permanent et sans entretien Surface de chauffe inférieure à 6 W/cm² pour limiter l'entartrage (charge thermique faible) Voyant de chauffe Précision du thermostat : amplitude < 6 °C Anode permanente

Exemple

Pour un chauffe-eau de 150 l catégorie B vertical, on dispose de 150 × 1,7 = 255 l d'eau à 40 °C.
Sa consommation pour se maintenir en température sera de 0,22 + (0,057 × 150) = 8,77 kWh par jour.

Ils doivent être installés en respectant la norme NF C 15-100 et être munis d'un dispositif de sécurité.

Ils doivent avoir un indice de protection au moins **IP 24**.

Les différentes réglementations thermiques ont permis d'améliorer les performances des appareils de production d'eau chaude dans le cadre d'une réduction globale de 15 % de la consommation d'énergie.

La directive ROHS, applicable depuis le 1er juillet 2006, interdit l'usage aux fabricants de certains matériaux nuisibles à l'environnement (plomb, mercure, chrome, mousse sans CFC ni HCFC, etc.).

Le DPE (diagnostic de performance énergétique) est exigé depuis le 1er novembre 2006 pour les appartements anciens et depuis le 1er juillet 2007 pour les logements neufs et les locations.

■ Tarifs électriques

On pourra choisir d'alimenter le chauffe-eau électrique entre 230 V ou en 400 V selon l'abonnement souscrit auprès d'EDF.

Lorsque le chauffe-eau a une capacité de stockage de plus de 100 l, il est économiquement plus intéressant de souscrire un abonnement double tarif (le prix du kWh en heures creuses est inférieur de 40 % au tarif normal mais l'abonnement est plus cher). Un contacteur jour/nuit permet le fonctionnement automatique du chauffe-eau pendant le tarif heures creuses. Dans tous les cas il faut vérifier que la puissance souscrite est suffisante pour alimenter le chauffe-eau et les gros appareils électroménagers (pour plus d'informations se reporter au chapitre 17 sur les installations électrique).

■ Composition d'un chauffe-eau électrique

Un chauffe-eau est toujours composé de la même manière :

- un réservoir (on dit aussi cuve ou ballon) ;
- un corps de chauffe composé d'une résistance électrique et d'un thermostat ;
- un isolant et son habillage extérieur ;
- un système de fixation ;
- un dispositif de protection contre la corrosion ;
- deux tuyauteries de raccordement.

Il doit toujours être équipé d'un groupe de sécurité et de manchons diélectriques (figure 7.18).

Il existe pour chaque élément qui le compose des possibilités différentes.

Le **réservoir** est composé d'une plaque d'acier soudée, il reçoit en fin de fabrication une couche de protection (revêtement minéral, émail cuit au four, inox). Il reste toujours sous pression, l'eau chaude plus légère s'accumule dans la partie supérieure où elle est puisée par la tuyauterie départ eau chaude.

Le **corps de chauffe** est composé de deux parties :

- Le **thermostat** qui est positionné dans un doigt de gants et qui permet la régulation du chauffe-eau, il est préréglé en usine à 65 °C. Les modèles électroniques permettent de régler la température de l'eau au degré près. Il est composé d'un double thermostat :
  - un **thermostat de régulation** qui gère la température de l'eau dans l'appareil ;

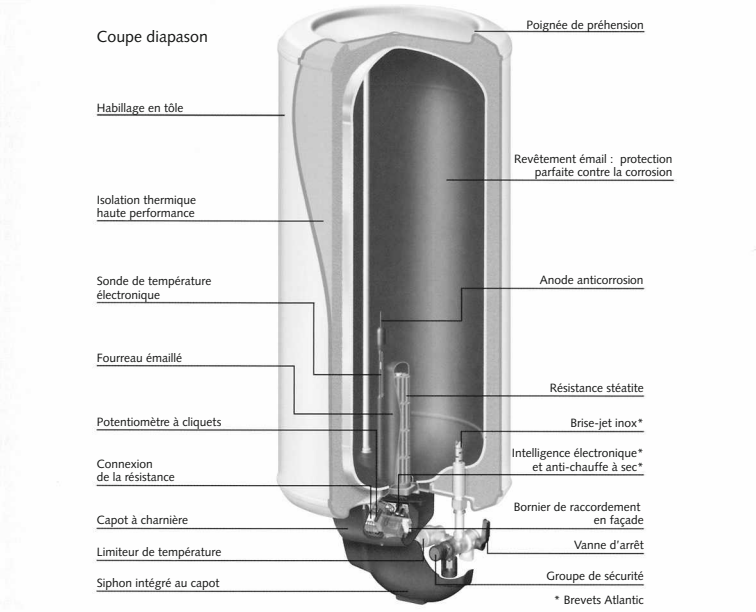


Figure 7.18 – Coupe chauffe-eau électrique Atlantic

- un **thermostat de sécurité** à réarmement manuel qui met à l'arrêt l'appareil en cas de surchauffe (température supérieure à 95 °C).

  Il faudra appuyer sur le petit bouton de réarmement pour permettre la remise en chauffe de l'appareil, mais surtout il faudra rechercher la cause de cette mise en sécurité.

- La **résistance électrique.** Elle peut être de deux sortes :
  - la **résistance électrique stéatite**, en céramique, est placée dans un fourreau métallique et n'est pas en contact avec l'eau, elle se remplace très facilement ;
  - la **résistance électrique blindée** (ou thermoplongeante) est placée dans la cuve, il est nécessaire de vidanger la cuve pour la remplacer. Ces résistances peuvent être en monophasé ou mixtes mono-triphasé. Lorsque l'eau est fortement calcaire, il est conseillé d'utiliser une résistance stéatite car elle a une charge thermique plus faible, ce qui réduit le dépôt de calcaire.

Certains modèles sont dotés d'une sécurité qui interdit la mise en chauffe du chauffe-eau si celui-ci n'est pas plein d'eau.

L'**isolation** est réalisée par l'injection d'une mousse polyuréthane entre la cuve et l'enveloppe extérieure.

Le **système de fixation** comprend deux ou quatre boulons selon la taille du chauffe-eau, il faudra dans tous les cas s'assurer de la solidité de la paroi (voir les règles de pose).

Le **dispositif de protection contre la corrosion.** On trouve principalement deux systèmes de protection :

- La protection par **anode en magnésium ou en aluminium** qu'il faut contrôler tous les deux ou trois ans. L'anode est dites soluble, elle se dégrade au cours du temps par électrolyse pour protéger la cuve.
- La **protection permanente** par anode en titane et un dispositif électronique qui ne nécessite pas d'entretien. Dans ce cas, il y a généralement un voyant lumineux pour signaler le bon fonctionnement du dispositif. Le dispositif maintient un courant électrique de faible intensité continu ou par impulsion dans la cuve pour la protéger de la corrosion et parfois pour éviter la formation de calcaire.

Les tuyauteries de raccordement sont toujours placées de la même manière : l'eau froide à droite (bague bleue) et l'eau chaude à gauche (bague rouge). La tuyauterie d'eau froide est équipée d'un brise-jet pour ne pas créer de remous dans la cuve. La tuyauterie d'eau chaude remonte jusqu'en haut de la cuve pour puiser l'eau à l'endroit où elle est la plus chaude.

Certains modèles intègrent sous le capot de protection un mitigeur thermostatique qui permet de régler la température de l'eau distribuée (cette température doit toujours être supérieure à 50 °C).

■ Modèles et guide de choix d'un chauffe-eau électrique

On évalue les besoins journaliers moyens d'une personne à 50 l d'eau chaude à 60 °C, mais il faut pendre en compte le mode de vie des habitants et les caractéristiques de l'installation (nombre de salles de bains, utilisation particulière, évolution du nombre d'occupants, chambres d'amis, résidence principale ou résidence secondaire...).

Dans les régions où l'eau est agressive, on prendra soin de choisir un chauffe-eau avec un groupe de sécurité et une cuve inox.

On trouve différents modèles de chauffe-eau :

- **Sous évier petite capacité** : un pour un point de puisage isolé de la production centrale, ils ont une capacité de 10 à 50 l (figure 7.17).

- **Sur évier petite capacité**: un pour un point de puisage isolé, ils ont les mêmes capacités que les sous évier, ils se placent dans les placards hauts des cuisines.
- **Pose à écoulement libre :** les appareils sont équipés d'une robinetterie spéciale à écoulement libre dans laquelle est intégrée une soupape de sécurité, il n'y a donc pas de raccordement du chauffe-eau à la vidange car l'eau de la soupape s'évacue dans le lavabo, ils s'installent n'importe où. Les autres appareils sous pression peuvent être installés dans tout endroit où se trouve une alimentation électrique, une alimentation en eau, et une tuyauterie de vidange (le raccordement à la vidange est obligatoire, on peut malgré tout dans quelques cas particuliers trouver une solution lorsque la vidange n'est pas disponible : pompe de relevage des eaux d'écoulement ou vase d'expansion sanitaire).
- **Vertical mural :** de 50 l à 200 l, ils se posent sur un mur capable de supporter leurs poids, c'est le modèle le plus répandu (figure 7.18).
- **Horizontal mural :** 100 l à 200 l, ils s'installent sous le plafond lorsque la place manque (figure 7.15).
- ***Multiposition***: leur conception permet de les poser indifféremment à la verticale ou à l'horizontale, ils sont généralement plus chers que les autres modèles.
- **Sur socle :** de 150 à 300 l, ils se posent directement au sol lorsque les cloisons ne sont pas suffisamment solides pour supporter le poids de l'appareil (figure 7.16).

Il existe aussi des chauffe-eau électriques à double puissance pour des besoins irréguliers, ils permettent de réchauffer l'eau plus rapidement en cas de besoins importants mais, dans ce cas, la consommation d'électricité sera plus élevée car on ne bénéficie pas du tarif heures creuses.

On pourra utiliser les recommandations des constructeurs et de Promotelec pour réaliser le choix du volume de stockage.

Le chauffe-eau électrique devra être NF électricité Performance (3 étoiles pour ceux de plus de 75 litres), il devra répondre à l'un ou l'autre des deux tableaux ci-après.

Tableau 7.12 – Choix d'un chauffe-eau à accumulation – **Capacité totale en litres** (source Promotelec Habitat Neuf)

Type de chauffe-eau	Chambre individuelle Studio 1-2 personnes	2 pièces 1-2 personnes	3 pièces 3-4 personnes	4 pièces 4-5 personnes	5 pièces et plus 5 personnes et +
Vertical	≥ 90	≥ 130	≥ 170	≥ 215	≥ 260
Horizontal	≥ 90	≥ 130	≥ 170	/	/
Double puissance	≥ 70	≥ 90	≥ 110	≥ 130	≥ 130 + 15 cuisine ou ≥ 130 + 30-50 sdb ou ≥ 170
Accéléré	≥ 70	≥ 90	≥ 130	≥ 170	≥ 170 + 15 cuisine ou ≥ 170 + 30-50 sdb
Collectif	≥ 50	≥ 75	≥ 100	≥ 150	≥ 200

Tableau 7.13 – Choix d'un chauffe-eau à accumulation – **Capacité totale de production d'eau chaude à 40 °C – V 40 en litres** (source Promotelec Habitat Neuf)

Type de chauffe-eau	Chambre individuelle Studio 1-2 personnes	2 pièces 1-2 personnes	3 pièces 3-4 personnes	4 pièces 4-5 personnes	5 pièces et plus 5 personnes et +
Vertical ou Horizontal	≥ 150	≥ 225	≥ 300	≥ 375	≥ 450

Selon les constructeurs, un chauffe-eau de même volume peut avoir un V 40 différent et inversement.

■ Accessoires d'un chauffe-eau électrique

□ Groupe de sécurité

La pose d'un groupe de sécurité est obligatoire (figure 7.19) (à l'exception des appareils à écoulement libre). Il doit être conforme à la norme NF EN 1487 (2014-09). Il doit être au plus près de l'appareil

(à moins de 3 mètres). Le groupe de sécurité regroupe plusieurs fonctions :

- robinet d'arrêt,
- clapet anti-retour,
- soupape de sécurité taré à 7 bar,
- robinet de vidange.

Figure 7.19 – Groupe de sécurité Thermador

La vidange doit être raccordée à une tuyauterie d'évacuation DN 32 par l'intermédiaire d'un entonnoir et d'un siphon.

Il doit être monté sur l'arrivée d'eau froide. Il permet, lors de la mise en chauffe du chauffe-eau électrique, de maintenir une pression inférieure à 7 bar dans l'installation.

Lorsque l'on chauffe 100 l d'eau, le volume augmente d'environ 3 %, ce volume d'expansion ne peut pas être contenu dans la cuve (qui se déformerait sous l'effet de la pression). La pression augmente et la soupape de sécurité s'ouvre pour laisser couler l'eau goutte-à-goutte. Lorsque le temps de chauffe est terminé, la soupape du groupe de sécurité ne doit plus couler.

Il est conseillé d'actionner manuellement la soupape de sécurité une fois par mois pour éviter un dépôt de calcaire sur le joint.

Le clapet anti-retour permet d'éviter le retour d'eau chaude dans la tuyauterie d'eau froide. Sans ce clapet, toute l'eau chaude du chauffe-eau se vidangerait dans l'installation d'eau froide en cas de baisse de pression ou de coupure d'eau sur celle-ci.

Aucun robinet ne doit être installé entre le chauffe-eau et le groupe de sécurité. Le raccordement à la vidange est indispensable.

Attention

- Si l'eau est à plus de 80 °C dans un chauffe-eau à accumulation, une tuyauterie cuivre d'au moins 50 cm doit être installée en sortie d'eau chaude entre le chauffe-eau et les tuyauteries en matériaux de synthèse.

…

- En cas de montage en série, un groupe de sécurité sera monté sur l'eau froide du premier chauffe-eau, un clapet antiretour ainsi qu'une soupape de sécurité 7 bar seront montés à l'entrée du second appareil (les fabricants de groupes de sécurité n'autorisent pas leur utilisation en eau chaude).

□ Raccord diélectrique

Un raccord diélectrique doit être posé sur la tuyauterie d'eau chaude pour éviter les phénomènes d'électrolyse entre la cuve et les tuyauteries lorsque les tuyauteries sont en cuivre (figure 7.20).

Ce raccord peut être composé en résine : il est dans ce cas généralement fourni par le constructeur, ou être composé de deux pièces métalliques séparées par un double joint isolant permettant la rupture de continuité électrique entre la cuve en acier et les tuyauteries métalliques.

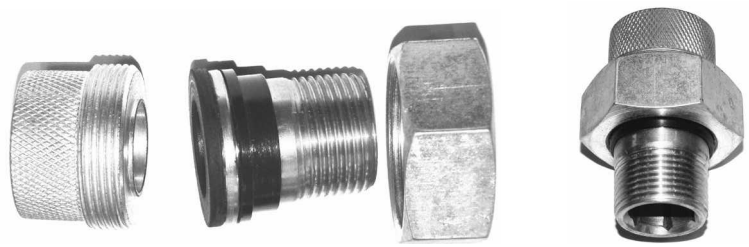


Figure 7.20 – Raccord diélectrique

■ Règles de pose des appareils de production d'ECS individuels en neuf ou en rénovation

- Chauffe-eau à production instantanée ou à accumulation.
- Préparateurs d'ECS.
- Échangeurs.
- Chauffe-eau thermodynamiques.

Il est souhaitable d'installer le chauffe-eau dans un volume chauffé pour réduire les pertes par refroidissement.

La longueur des tuyauteries ne doit pas dépasser 8 m (temps d'attente trop long, volume d'eau dans les tuyauteries trop important qui provoque des pertes d'énergie et un risque de développement des légionelles).

Pour les chauffe-eau électriques, on veillera à laisser un espace minimal de 50 à 60 cm face au thermostat ou à la résistance électrique pour permettre le démontage et l'accès au raccordement électrique (il faudra consulter les documentations constructeurs). Plus généralement, les espaces libres devront permettre le remplacement des parties amovibles, sans démontage de l'appareil.

Quelques règles de base sont données par le DTU 60.1.

- Espaces libres autour des appareils verticaux :
  - 10 cm au-dessus ;
  - 40 cm en dessous ;
  - 12 cm sur les côtés et devant.
- Les appareils de plus de 200 litres doivent être posés au sol.
- Les chauffe-eau de 10, 15 ou 30 litres peuvent être placés sur ou sous l'évier.
- La fixation peut s'effectuer :
  - **par chevilles ou par platine pour les murs** en béton, parpaings pleins, parpaings creux, briques traditionnelles, briques de type monomur et béton cellulaire ;
  - **par platine pour les cloisons en carreaux de plâtre plein** ;
  - **par platine + trépied pour les cloisons en carreaux de plâtre alvéolaire, en plaques de plâtre avec ossature métallique ou les murs avec doublage isolant**.
- Dans les autres types de cloisons, seuls les chauffe-eau **de moins de 30 litres** peuvent être fixés.
- Dans les cloisons de plus de 12 cm, les tiges filetées doivent être fixées à des **plaques métalliques**.

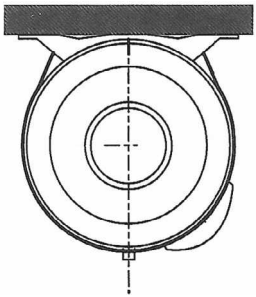


Figure 7.21 – Kit de cerclage pour chauffe-eau horizontal Atlantic

Dans les autres cas, on installera des appareils posés au sol autoportants (de 150 à 500 litres). Il sera parfois nécessaire de les fixer au mur pour assurer leur stabilité.

Les appareils **horizontaux** (maximum 200 litres) seront fixés au mur, au plafond ou au sol.

La pose des chauffe-eau horizontaux de 75 à 200 l peut se faire sur la cloison ou directement au plafond en utilisant un kit de cerclage (figure 7.21).

■ Raccordement électrique

L'installation d'un chauffe-eau électrique dans une salle d'eau doit respecter la norme NF C 15-100 :

- Le chauffe-eau est protégé par un disjoncteur différentiel résiduel de 30 mA.
- Le raccordement électrique s'effectuera avec un câble rigide de section 2,5 mm^2.
- La mise à la terre de l'appareil est obligatoire.
- Le chauffe-eau électrique à accumulation doit être installé dans le volume 3 ou hors volume.
- Si les dimensions de la salle de bains ne permettent pas de le placer dans ces volumes, il peut être installé dans le volume 2 ou dans le volume 1 (appareil horizontal placé le plus haut possible) à la condition (figure 7.22) que les canalisations d'eau soient en matériau conducteur.

Pour connaître la tension de l'installation, il faut relever les indications du compteur ou de la facture EDF. On trouve deux types de tensions : 230 V ou 400 V (220 V ou 380 V si l'installation est ancienne), mais on peut encore trouver sur de très vieilles installations du triphasé 220 V.

Le chauffe-eau électrique doit être raccordé et protégé individuellement au tableau d'abonné.

Le raccordement électrique du thermostat et de la résistance électrique devra être conforme aux indications données par le constructeur.

Dans tous les cas la résistance ne peut être câblée en direct, il est obligatoire de la raccorder au thermostat de régulation. Le non-respect de cette consigne provoquera la mise en chauffe de la résistance sans aucune possibilité de l'arrêter, cela entraînerait la destruction de l'appareil.

La cuve du chauffe-eau est toujours raccordée au fil de terre.

La réalisation du câblage électrique s'effectuera en fonction du type de résistance, il en existe principalement deux :

- la résistance monophasée ;
- la résistance triphasée ou tous courants.

☐ Installation d'un chauffe-eau dans une pièce d'eau

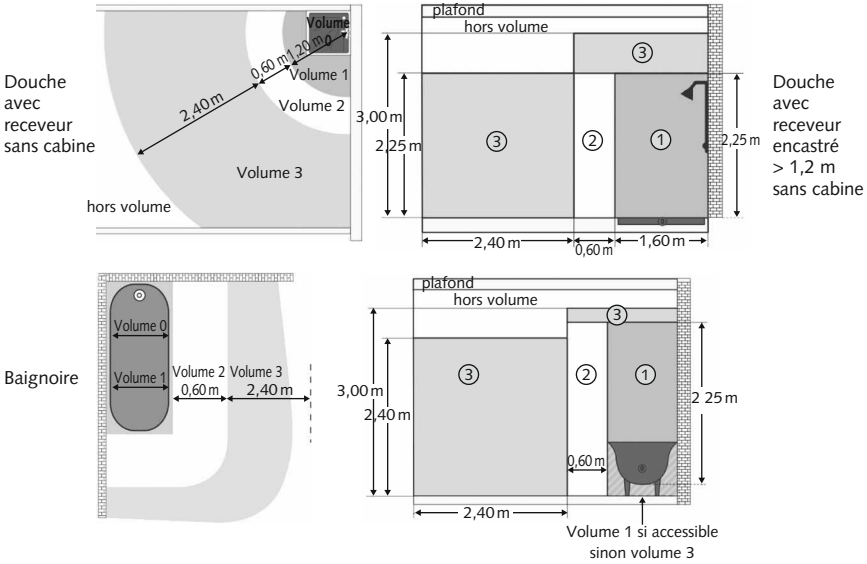


Figure 7.22 – Volumes des salles d'eau et des salles de bains

En résumé
Volume 3 : degré de protection des appareillages électriques IPX1.
Volume 2 : degré de protection des appareillages électriques IPX4.
Volume 1 : degré de protection des appareillages électriques IPX4.

Chauffe-eau vertical : – Volume 3 ou hors volume.
– Volume 2 admis si pose impossible en volume 3.

Chauffe-eau horizontal : – Volume 3 ou hors volume.
– Volume 2 admis si pose impossible en volume 3.
– Volume 1 admis le plus haut possible si pose impossible en volume 2 ou 3.

Chauffe-eau instantané : – Volume 3 ou hors volume.
– Volume 1 ou 2 autorisé si pose impossible en volume 3 et doit être alimenté par un câble sans boîte de connexion intermédiaire.

Dans tous les cas, on vérifiera la NF C15-100.

La résistance monophasée ne peut être posée que sur un réseau EDF 230 V, les deux bornes de la résistance sont raccordées au réseau (une au neutre, l'autre à la phase).

La résistance triphasée peut être raccordée sur le réseau EDF 230 V ou 400 V, le raccordement électrique s'effectuera alors différemment. Ces résistances sont composées de trois résistances chauffantes indépendantes, le câblage devra être conforme aux prescriptions du constructeur pour éviter une puissance qui ne serait pas conforme aux capacités de l'appareil.

☐ **Câblage d'une résistance monophasée en 230 V**

La résistance est raccordée au thermostat par des fils électriques. Parfois pour éviter les erreurs de raccordement, les constructeurs fabriquent des modèles à broches sur lesquelles viennent se raccorder directement le thermostat de régulation (figure 7.23).

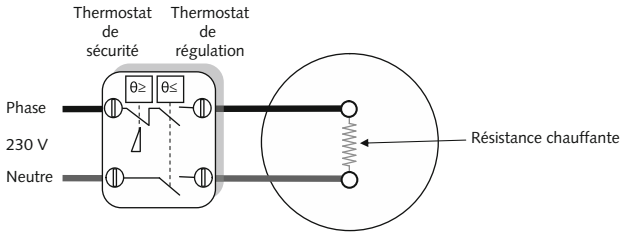


Figure 7.23 – Schéma de câblage d'une résistance monophasée

☐ **Câblage d'une résistance tous courants en triphasé 400 V**

Le câblage de la résistance est un câblage en étoile, chaque résistance chauffante est soumise à une tension de 230 V. (On crée un neutre artificiel en raccordant une des bornes de chaque résistance en commun) (figure 7.24).

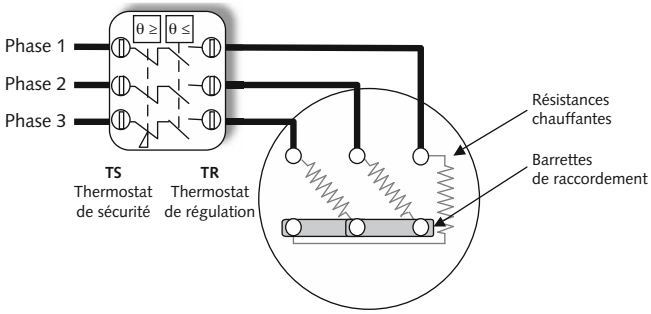


Figure 7.24 – Schéma de câblage d'une résistance tous courants en triphasé

☐ **Câblage d'une résistance tous courants en monophasé 230 V**

Une des bornes de chaque résistance est raccordée à la phase, l'autre au neutre (figure 7.25).

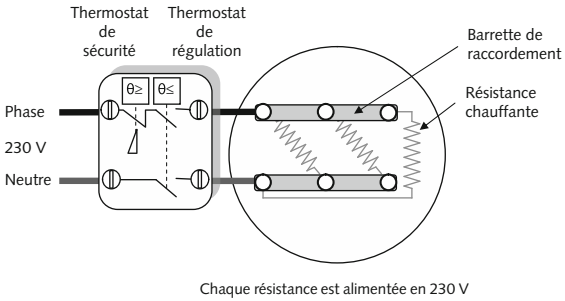


Figure 7.25 – Schéma de câblage d'une résistance tous courants monophasée

■ Mise en route et incidents de fonctionnement des chauffe-eau électriques

☐ **Remplissage**

Il faut remplir le chauffe-eau en ouvrant le robinet d'arrêt du groupe de sécurité et en ouvrant un robinet d'eau chaude pour purger l'air qui se

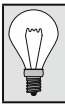
trouve dans le chauffe-eau. Quand l'eau commence à couler, le chauffe-eau est plein, fermer les robinets, le chauffe-eau se trouve sous pression.

Lorsque la pression est très faible (< 0,5 bar), la purge aura du mal à s'effectuer.

Vérifier le bon fonctionnement du groupe de sécurité : aucun goutte-à-goutte ne doit se produire à la soupape de sécurité, sinon vérifier la pression (elle doit être inférieure à 5 bar).

Remplir le siphon du groupe de sécurité pour éviter les remontées de mauvaises odeurs.

Contrôler l'étanchéité des raccords et mettre en chauffe l'appareil.



Attention

Il ne faut jamais mettre en chauffe un chauffe-eau vide.

Si la différence de pression entre l'eau froide et l'eau chaude est trop importante il faut installer un détendeur ou un régulateur de pression ou un égalisateur de pression de type Twinbar.

Surveiller les fuites au groupe de sécurité ou aux robinets : un goutte à goutte peut représenter 4 à 100 l par jour soit 1,5 à 36 m^3 par an.

☐ **Eau tiède**

Si l'eau n'arrive plus à chauffer et reste tiède, il faut contrôler le réglage du thermostat de régulation, puis le fonctionnement de la résistance électrique (contrôle d'intensité avec une pince ampèremétrique, contrôle de rotation du compteur lors de la mise en chauffe ou tout simplement écoute du bruit en fonctionnement de la résistance). Si l'intensité mesurée et la puissance sont conformes aux données du fabricant, cela veut dire que la résistance est entartrée : la résistance chauffe normalement mais le tartre maintient la chaleur autour de la résistance et du thermostat, la température atteint très vite 65 °C et le thermostat coupe l'alimentation de la résistance alors que l'eau n'a pas eu le temps de chauffer. Il est possible dans ce cas de figure que le thermostat se mette en sécurité (lorsque la surchauffe est trop rapide).

Il faut vidanger le chauffe-eau puis ouvrir la cuve par la trappe de visite située sur le dessous ou le côté de l'appareil et détartrer la cuve (le joint d'étanchéité est à remplacer lors de cette opération).

□ **Eau froide**

Si l'eau ne chauffe plus du tout, il faudra rechercher une panne électrique :

- Disjoncteur ou fusible de l'installation hors service : on remplacera le fusible ou on réenclenchera le disjoncteur.
- Thermostat défectueux : on contrôlera le thermostat avec un ohm-mètre (courant coupé et câble débranché) pour vérifier l'ouverture et la fermeture des contacts en agissant sur la vis de réglage de température.
- Résistance défectueuse : on contrôlera la résistance avec un ohm-mètre (courant coupé et câble débranché) pour vérifier si la résistance chauffante n'est pas coupée (pas de valeur de résistance dans ce cas). Il est possible que le défaut n'apparaisse qu'au moment de la chauffe (la dilatation des matériaux provoque le défaut).
- Contrôles d'isolement de la résistance : la partie sous tension de la résistance ne doit pas être en continuité avec la masse métallique de l'appareil, on contrôlera à l'aide d'un ohm-mètre (courant coupé et câble débranché) qu'il n'y a pas de valeur de résistance entre la partie normalement sous tension et la masse métallique du chauffe-eau (l'utilisation du mégohmmètre est parfois nécessaire).

■ Calculs des puissances et des températures

La quantité d'énergie nécessaire pour chauffer, à 65 °C, 100 l d'eau froide à 10 °C est de :

$$\text{Énergie} = 1{,}163 \times \text{Volume} \times \text{Écart de température}$$

$$E = 1{,}163 \times 0{,}1 \times 55 = 6{,}39 \text{ kWh}$$

C'est à partir de cette puissance que l'on pourra calculer le temps de réchauffage et donc la puissance de la résistance électrique.

Si l'on souhaite réchauffer ces 100 l d'eau en 1 h, il faudra donc une résistance ayant une puissance de 6,4 kW. Si la puissance de la résistance est de 1,2 kW, il faudra 5 h 20 pour réchauffer la totalité des 100 l d'eau.

Le calcul est le suivant :

$$\text{Temps de réchauffage} = \frac{\textit{quantité d'énergie nécessaire}}{\textit{puissance de la résistance}}$$

■ Volume d'eau disponible

Quand on puise 1 l d'eau chaude, il entre 1 l d'eau froide dans la cuve du chauffe-eau. La température varie à chaque instant alors que le volume

reste constant. On peut calculer en fonction du puisage la température de l'eau encore disponible dans le chauffe-eau.

De plus en plus, on trouve des réservoirs à stratification dans lesquelles on favorise (en réduisant la vitesse d'entrée de l'eau froide dans le chauffe-eau) la stratification (l'eau se répartit dans le chauffe-eau en couches successives : l'eau la plus froide en bas et l'eau la plus chaude en haut).

Cette stratification permet de disposer d'un volume d'eau chaude plus important car le mélange d'eau à l'intérieur du réservoir reste très faible. Cela permet, pour un chauffe-eau vertical, de n'avoir une baisse de température sur la sortie d'eau chaude qu'après le soutirage de 70 % de sa capacité en eau (et de 57 % pour un chauffe-eau horizontal, mais il existe aujourd'hui des chauffe-eau horizontaux qui ont, grâce à leur conception, les mêmes performances que les chauffe-eau verticaux).

De même, on trouve des chauffe-eau de 80 litres comportant plusieurs cuves qui peuvent remplacer des modèles classiques de 100 ou 150 litres.

Exemple

Un chauffe-eau de 200 l vertical permettra d'obtenir 140 l d'eau à 65 °C ce qui représente, si l'on installe un mitigeur thermostatique raccordé sur de l'eau froide à 20 °C, environ 340 l d'eau à 40 °C.

■ Montage en relève de chaudières

Lorsqu'une salle de bains est très éloignée (plus de 8 m de l'appareil de production d'eau chaude), il est conseillé d'installer un deuxième chauffe-eau indépendant pour cette salle de bains.

Lorsque la production d'eau chaude se fait par une chaudière instantanée gaz ou fioul, on peut installer dans la salle de bains située à plus de 8 m un chauffe-eau électrique (dans le meuble lavabo par exemple) pour maintenir en température un volume d'eau comprise entre 10 et 30 l. Ce volume d'eau située dans la salle de bains permet de ne plus avoir de temps d'attente. L'eau contenue dans ce chauffe-eau est maintenue en température par une résistance de faible puissance (200 ou 300 W). L'eau chaude est toujours produite par la chaudière instantanée gaz ou fioul car cela est plus économique et permet de garder un débit horaire satisfaisant malgré la faible capacité de stockage (figure 7.26).

Ce chauffe-eau devra être équipé d'une soupape de sécurité.

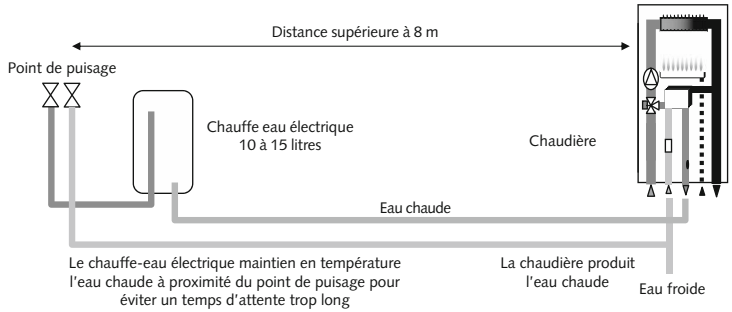


Figure 7.26 – Relève de chaudière

Dans la pratique

Les chauffe-eau électriques ne sont plus destinés qu'au remplacement dans les installations existantes car les pertes de chaleur du stockage en font baisser considérablement les performances.
Les résistances électriques ne sont plus destinées qu'à assurer un secours sur les installations utilisant les énergies renouvelables.

2.3 Production d'eau chaude solaire (CESI)

Il existe de nombreux systèmes. La production d'eau chaude solaire est généralement appelée CESI (chauffe-eau solaire individuel).

Chaque système a des caractéristiques qui lui sont propres (mise en œuvre, régulation, gestion des températures…). Il conviendra dans tous les cas de respecter les consignes du fabricant.

Une installation solaire de production d'eau chaude sanitaire doit être réalisée par un professionnel agréé Qualisol pour garantir le dimensionnement de l'installation (et bénéficier d'un éventuel crédit d'impôt).

Les premiers chauffe-eau solaires installés ont parfois produit des contre-performances. La surface de panneaux solaires installés étant trop

importante, il y avait surchauffe en été ce qui endommageait les installations (dégradation du fluide caloporteur, montées en pression…).

De nos jours, on pourra faire confiance plus facilement aux fabricants ayant une dimension internationale (l'installation de systèmes solaires est pratiquée depuis de nombreuses années en Allemagne et dans d'autres pays), le matériel proposé ayant déjà fait ses preuves.

L'évolution de la régulation porte essentiellement sur la gestion des surchauffes de l'installation en été. Plusieurs solutions sont proposées :

- élévation de la température du ballon jusqu'à 90 °C, puis circulation nocturne pour refroidir l'eau contenue dans le ballon à 60 °C ;
- protection des panneaux en été de manière manuelle ou automatique par une couverture (volets roulants…) ;
- vidange des panneaux lorsque le ballon est en température pour éviter la surchauffe du fluide caloporteur…

Chaque constructeur propose sa solution et la régulation adaptée.

Le principe d'une installation solaire reste toujours le même : un capteur positionné sur le sol ou en toiture récupère l'énergie solaire pour la transmettre au ballon de stockage à l'aide d'un fluide caloporteur. Une des principales limites à ce système est la garantie d'étanchéité donnée par le fabricant de panneaux solaires qui impose une pente minimum 10°, 15° ou 30° pour une pause intégrée à la toiture en fonction du type de couverture utilisé.

On trouvera des installations entièrement autonomes, la circulation du fluide se fait par thermosiphon, aucune régulation électrique n'est nécessaire (figure 7.27).

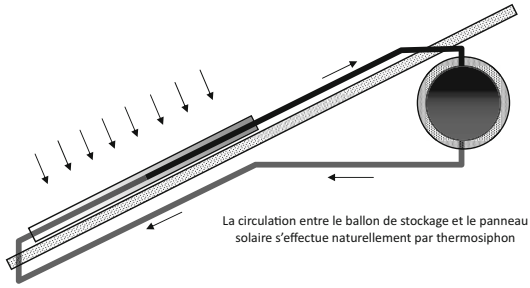


Figure 7.27 – Chauffe-eau solaire à thermosiphon

Ce type d'installation est peu utilisé en France métropolitaine car le ballon de stockage se situe à l'extérieur ce qui provoque d'importantes déperditions en hiver. Lorsque le ballon est situé en dessous du capteur, il faut utiliser un circulateur électrique et une régulation (figure 7.28). C'est le système utilisé en France car le ballon de stockage est dans une partie habitable de l'habitation.

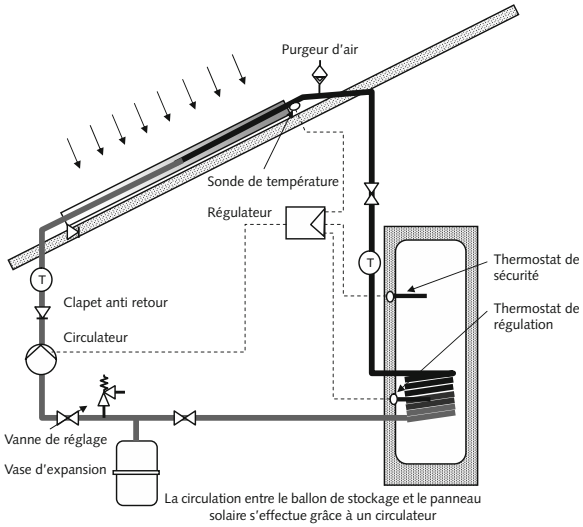


Figure 7.28 – Chauffe-eau solaire à circulateur

Les accessoires utilisés sur une installation solaire doivent être prévus pour cette utilisation car les températures de fonctionnement sont beaucoup plus importantes que sur une installation de chauffage classique.

On préférera installer un système complet fourni par un seul constructeur.

La relève du système qui permet le chauffage de l'eau lorsque la puissance solaire est insuffisante peut être assurée par différentes énergies : gaz, fioul, électricité, pompe à chaleur… (figure 7.29)

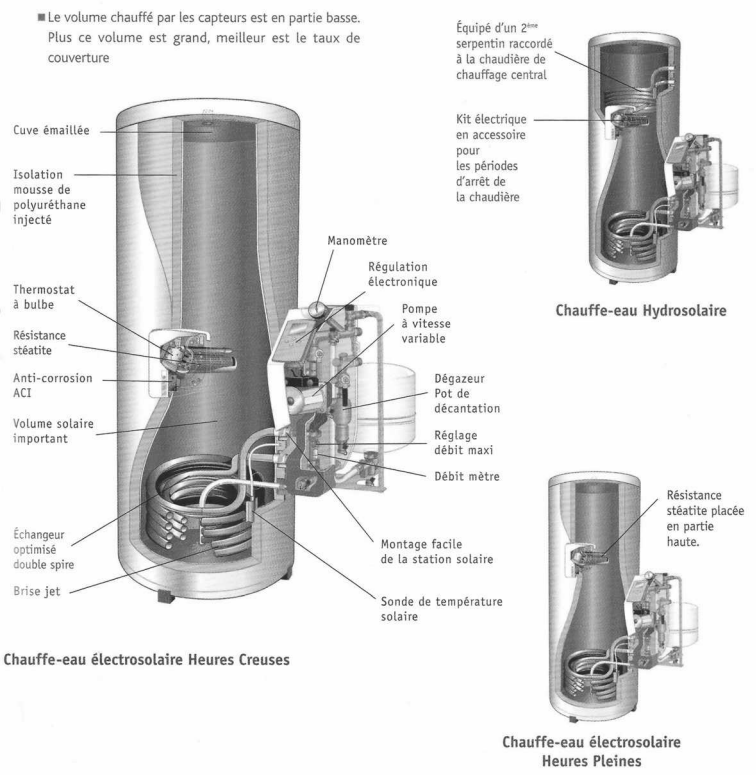


Figure 7.29 – Chauffe-eau solaire Atlantic

On trouvera aussi des panneaux solaires comportant des tubes sous vide plus performants que les panneaux traditionnels.

Les panneaux solaires peuvent également être utilisés pour compléter l'installation de chauffage basse température. Dans ce cas, le ballon de stockage est beaucoup plus important. On parle alors de système solaire combiné (SSC).

Le dimensionnement de l'installation solaire se fera à partir des préconisations fournies par les constructeurs.

2.4 Le chauffe-eau thermodynamique individuel (CETI)

C'est une des solutions proposées pour être conforme à la RT 2012. Le chauffe-eau thermodynamique est un ballon équipé d'une mini pompe à chaleur (voir chapitre 19). La PAC absorbe les calories de l'air pour les restituer à une réserve d'eau (150 à 300 litres).

Il existe plusieurs types de CETI :

- CET aérothermique :
  - CETI sur l'air extrait : il est raccordé sur la VMC de l'habitation, ce qui lui donne un bon rendement toute l'année.
  - CETI sur l'air extérieur : raccordé à l'aide d'une gaine sur l'extérieur, son rendement est meilleur en été. En hiver, il nécessite une résistance électrique d'appoint.
  - CETI sur l'air ambiant : installé dans le garage, ou un local technique, celui-ci doit être ventilé et avoir un volume important. Il refroidit l'air du local, cela peut donc entraîner un surcoût de chauffage (il est déconseillé).
- CETI géothermique : il est raccordé à des capteurs enterrés sur un terrain non recouvert (pas de goudron, pavés…) et nécessite des travaux de terrassement et une surface importante.
- CETI héliothermique : il est couplé à un échangeur solaire. Le fluide frigorigène s'évapore grâce à l'énergie solaire.

Les CETI géothermiques et héliothermiques ont des performances plus élevées car leur source froide (sol ou soleil) est plus stable tout au long de l'année.

Les conditions de performance de ces systèmes dépendent :

- de l'emplacement du ballon : de préférence dans le volume chauffé ;
- du dimensionnement du ballon : un ballon surdimensionné entraîne plus de pertes de chaleur ;
- de la température de consigne (50 °C), au-dessus la performance baisse de moitié ;
- de la gestion du tarif d'électricité (tarif jour/nuit) ; il est préférable de faire fonctionner son CETI la nuit, car le soir sa température aura baissé, il enclenchera alors un long cycle de fonctionnement, préférable à plusieurs courts cycles dans la journée ;
- du COP de l'appareil qui devra être supérieur ou égal à 3.

Une étude complète devra être réalisée dans chaque cas. Le coût reste élevé (plus de 3 000 €) et le retour sur investissement d'environ 8 ans (source ADEME 2013).

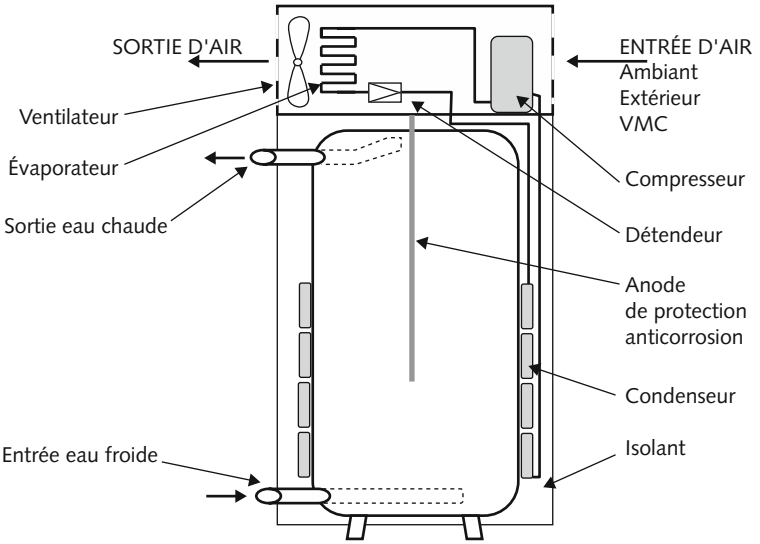


Figure 7.30 – Schéma de principe d'un chauffe-eau thermodynamique

3 Installation de production collective d'eau chaude

Le dimensionnement d'une installation de production d'eau chaude collective est généralement réalisé par un bureau d'études.

Les ballons de stockage ayant un volume important devront subir un choc thermique au moins une fois par jour. On pourra installer une pompe de brassage afin d'éviter la stratification dans le ballon (pour éviter le développement des légionelles dans les parties basses et plus froides du ballon).

La température à l'intérieur du ballon devra toujours être supérieure à 60 °C et inférieure à 65 °C pour limiter les dépôts de calcaire.

Le système de chauffage est généralement disponible toute la journée, seules les installations électriques de forte puissance chauffent l'eau la nuit pour une utilisation le jour.

On distinguera de la même manière que pour les installations individuelles des systèmes de production instantanée, semi-instantané (stockage inférieur à 20 l par logement), semi-accumulé (stockage supérieur à 20 l par logement), par accumulation (stockage des besoins journaliers).

3.1 Détermination des besoins en eau chaude collective

Deux méthodes sont possibles pour le dimensionnement d'une installation d'eau chaude collective :

- le dimensionnement à partir des recommandations ;
- le dimensionnement à partir de la réglementation thermique.

■ Recommandations de dimensionnement

On trouvera dans les lignes suivantes quelques indications sur les besoins en eau chaude sanitaire à 60 °C tirées des normes, des recommandations ou des consommations probables.

□ Logements résidentiels

Besoins d'eau chaude en fonction du nombre de pièces :

- F1 : 50 à 75 l
- F2 : 100 l
- F3 : 100 à 150 l
- F4 : 150 à 200 l
- F5 : 200 à 300 l
- F6 : 300 l

□ Restaurants

- Restaurants collectifs : 5 l par couvert
- Restaurant commercial : 12 l par couvert

La consommation d'eau chaude d'un restaurant dépendra de son nombre d'étoiles.

□ Hôtellerie (sans restauration)

Les consommations d'eau chaude se feront en fonction du nombre d'étoiles :

- 1 étoile : 70 l par chambre et par jour
- 2/3 étoiles : 100-140 l par chambre et par jour
- 4/5 étoiles : 160-200 l par chambre et par jour

Il faudra dans tous les cas, pour le dimensionnement de l'installation d'eau chaude, tenir compte des débits horaires.

☐ **Campings**

La consommation des campings dépendra du nombre de douches, du nombre de lavabos et du nombre d'étoiles. On peut considérer que les besoins en eau seront d'environ 15 l d'eau chaude à 60 °C par personne et par jour pour un camping de plaine et d'environ 20 l pour un camping en bord de mer ou de plan d'eau.

Dans tous les cas on réalisera une étude complète des besoins journaliers et des besoins horaires.

☐ **Autres utilisations**

- Salons de coiffure : 7 à 8 l par client
- Écoles : 5 l par élève et par jour
- Casernes : 30 l par personne et par jour
- Foyers : 60 l par chambre et par jour (restauration comprise)
- Bureaux : 6 l par personne et par jour
- Maisons de retraite : 40 l par personne et par jour + 10 l pour les repas
- Hôpitaux : 60 l par jour et par lit + 12 l pour les repas
- Stades : 25 l par personne (douches temporisées)
- Gymnases : 17 l par personne (douches temporisées)

Une fois que le volume journalier est calculé, on peut calculer le temps de chauffe nécessaire pour obtenir la température d'eau chaude sanitaire désirée à partir de la formule suivante :

$$\textit{Temps de chauffe} = \frac{\textit{Volume} \times \Delta\theta}{860 \times P}$$

avec :
Temps en h ;
Volume en l ;
$\Delta\theta$: écart de température en °C ;
P : puissance en kW.

On trouvera différents types d'installations en fonction du mode de production de chaleur et du type d'échangeurs utilisés pour la production d'eau chaude.

■ Dimensionnement eau chaude collective

Il faut prendre en compte comme pour une installation individuelle :

- **le débit instantané :** il déterminera notamment le dimensionnement des tuyauteries (se reporter au chapitre distribution intérieure) ;
- **le débit horaire maximal :** il est défini par la réglementation thermique 2005 (débit minimal), le niveau de confort des bâtiments fixera sa valeur maximale ;
- **la consommation globale journalière :** elle est définie par la réglementation thermique (Vm : volume d'eau mitigée à 40 °C), le ballon de stockage sera dimensionné en fonction de cette consommation et de la puissance de la production d'eau chaude ;
- **les consommations ponctuelles exceptionnelles :** elle concerne les établissements particuliers (thalassothérapie, sauna, hammam…) ;
- **le nombre de personnes, de points de puisage, de logements… :** ces éléments seront pris en compte dans le dimensionnement des tuyauteries ;
- **le type de confort souhaité**… : ces éléments seront pris en compte dans le dimensionnement des tuyauteries et du volume de stockage.

La production de chaleur peut être effectuée par n'importe quelle type de chaudière (au bois, au mazout, au gaz, électrique, solaire…). On peut utiliser des chaudières de forte puissance (de 70 à plus de 1 000 kW) ou des chaudières de puissance plus faible, montées en cascade (chaudières murales).

□ Débit instantané

Il est utilisé pour déterminer le diamètre de tuyauterie. Il n'est pas utilisé pour le dimensionnement du volume de stockage dans l'installation collective.

□ Débit horaire maximal

Il est défini par la réglementation thermique 2005 (débit minimal). Les formules de calcul définies par la RT 2005, utilisables pour le logement collectif sont les suivantes :

$$Vm = a \cdot ah \cdot Nu$$

avec :

Vm : volume d'eau chaude mitigée (à 40 °C) ;

a : besoins unitaires exprimés en litres d'eau à 40 °C (tableau 7.6) ;

ah : coefficient horaire (tableau 7.7) ;

Nu : surface habitable en m², nombre de repas par service, nombre de chambres, nombre de douches… selon les cas.

Tableau 7.14 – Besoins unitaires (a) exprimés en litres d'eau à 40 °C*

Type de construction	Surface habitable	Besoins unitaires a	Légende
Logements collectifs	Surface < à 27 m²	17,7	ln = logarithme népérien S = surface habitable totale en m² Sm = surface habitable moyenne en m² $Sm = \frac{S}{nb\ Log}$ nb Log = nombre de logements
	Surface ≥ à 27 m²	$a = \frac{470{,}9 \ln(Sm) - 1\,075}{Sm}$	
Restauration 1 repas par jour cuisine traditionnelle		125	Nombre de repas par service
Restauration 1 repas par jour self		45	
Restauration 2 repas par jour cuisine traditionnelle		255	
Restauration 2 repas par self		95	
Hôtel 1 étoile sans blanchisserie		665	Nombre de chambres
Hôtel 1 étoile avec blanchisserie		830	
Établissements sportifs		1 200	Nombre de douches installées

* Pour plus de précision, il conviendra de consulter la réglementation thermique en vigueur.

Tableau 7.15 – Coefficient horaire (ah)*

Type de bâtiment	Coefficient horaire maximum	Coefficient horaire total sur une journée	Nombre de jours à prendre en compte
Logement collectif	0,029	0,143	7
Hôtellerie	0,043		
Restauration 1 repas par jour	0,12	0,2	5 du lundi au vendredi
Restauration 2 repas par jour	0,06		
Établissements sportifs	0,05		

* Pour plus de précision, il conviendra de consulter la réglementation thermique en vigueur.

On peut calculer les besoins de production d'eau chaude pour chaque tranche horaire de la journée à l'aide de ces coefficients. Ces besoins permettent de calculer la puissance minimum des appareils de production d'eau chaude.

Exemple

Pour un restaurant de 35 couverts, 2 services, cuisine traditionnelle, les besoins en eau chaude sanitaire se calculeront de la manière suivante :
Coefficient a : 255.
Coefficient horaire ah maximum : 0,06.
Coefficient horaire ah total : 0,2.

Résultat :

Calcul des volumes d'eau mitigée à 40 °C en fonction des plages horaires pour un restaurant 35 couverts, 2 services, cuisine traditionnelle

	Volumes horaires d'eau mitigée
Volume horaire maximum	255 × 0,06 × 35 = 535 l
Volume journalier total	255 × 0,2 × 35 = 1 785 l

Le débit horaire maximum est de 535 l d'eau mitigée à 40 °C. Si la production d'eau chaude sanitaire est une production à 70 °C, elle devrait être capable de fournir 267,5 l d'eau à 70 °C en une heure.

☐ **Consommation globale journalière**

Elle est définie par la réglementation thermique (Vm : volume d'eau mitigée à 40 °C), le ballon de stockage sera dimensionné en fonction de cette consommation et de la puissance de la production d'eau chaude.

Exemple

Dans l'exemple précédent, la consommation de base d'eau chaude sanitaire de ce restaurant sera de 1 785 l d'eau à 40 °C par jour (sur la base de 5 jours par semaine).
Si la production d'eau chaude sanitaire est une production par accumulation à 70 °C, et l'eau froide à 10 °C, le ballon de stockage devra avoir une capacité minimum de 892 l, soit un modèle de 1 000 l (avec réchauffage électrique nocturne) ou un modèle de 300 l avec une capacité de réchauffage en 3 heures. (Pour le détail de ce calcul se reporter au chapitre 1, Mémento technique, transfert de chaleur par mélange).

☐ **Consommations ponctuelles exceptionnelles**

Elle concernent les établissements particuliers (thalassothérapie, sauna, hammam…). L'étude hydraulique prendra en compte les caractéristiques des appareils installés (débit, quantité d'eau chaude nécessaire...) ainsi que l'usage prévu (nombre de clients par heure, par jour…) pour déterminer précisément les besoins de production horaire et de production journalière. C'est à partir de ces données que l'on pourra dimensionner la puissance de la production et le volume de stockage.

☐ **Nombre de personnes, de point de puisage, de logements…**

Ces éléments seront pris en compte dans le dimensionnement des tuyauteries. Ils sont indiqués dans la réglementation thermique pour la détermination des volumes horaires et des volumes journaliers en fonction du type d'établissement. Ces calculs sont réalisés à partir de valeurs standard. Si le nombre de personnes (fréquentation) est particulièrement élevé, il faudra revoir ces prévisions à la hausse.

De la même manière, le nombre de points de puisage susceptibles de fonctionner en même temps déterminera le débit instantané de l'installation et le diamètre des tuyauteries. Le choix du coefficient de simultanéité défini dans le chapitre 6, Distribution intérieure, est primordial.

Le nombre de logements sera pris en compte dans le calcul des besoins unitaires (a) de la réglementation thermique (voir les tableaux 7.6 et 7.7).

Exemple

Pour un immeuble de 50 appartements d'une surface habitable totale de 5 000 m², le calcul des consommations journalières d'eau chaude à 40 °C sera le suivant :

Surface moyenne : $Sm = \frac{5\,000}{50} = 100$

Besoins unitaires : $a = \frac{470{,}9 \ln(100) - 1\,075}{100} = 10{,}936$

Résultat :

Volumes d'eau mitigée à 40 °C pour un immeuble collectif de 50 appartements, surface habitable totale 5 000 m²

	Volumes horaires d'eau mitigée
Volume horaire maximum	$10{,}936 \times 0{,}029 \times 5\,000 = 1\,585$ l
Volume journalier total	$10{,}936 \times 0{,}143 \times 5\,000 = 7\,820$ l

La production d'eau chaude de cet immeuble devrait être capable de fournir 1 585 l d'eau à 40 °C en une heure et 7 820 l d'eau chaude à 40 °C par jour, les capacités de production à 70 °C seront de 792 l en une heure et 3 910 l par jour.
Le dimensionnement de cette installation prendra en compte ces valeurs pour déterminer la puissance du générateur et le volume de stockage.

Rappel

La réglementation thermique en vigueur détermine les valeurs réglementaires (minimales).

☐ **Le type de confort souhaité**

Ces éléments seront pris en compte dans le dimensionnement des tuyauteries et du volume de stockage. Comme pour les installations individuelles, il faudra veiller à ce que les limites de l'installation de production d'eau chaude correspondent bien aux niveaux de confort souhaité.

Exemple

Dimensionnement d'une production d'eau chaude collective. En reprenant les valeurs calculées précédemment, on obtient le résultat suivant :

Volumes d'eau mitigée à 40 °C pour un immeuble collectif de 50 appartements, surface habitable totale 5000 m²

Volume horaire maximum	10,936 × 0,029 × 5000 = 1585 litres
Volume journalier total	10,936 × 0,143 × 5000 = 7820 litres

Soit :

Volumes d'eau à 70 °C pour un immeuble collectif de 50 appartements, surface habitable totale 5000 m²

Volume horaire maximum	793 l
Volume journalier total	3910 l

On pourra calculer la puissance du réchauffeur en fonction du volume de stockage.
C'est de la détermination initiale du volume de stockage que va dépendre le reste des calculs. Pour cela il faudra tenir compte des plages horaires correspondant aux besoins du bâtiment. Pour ce logement collectif, les plages horaires sont :

Volumes d'eau à 70 °C pour un logement collectif de 50 appartements

Plages horaires	Volumes horaires d'eau à 70 °C (l)
de 7 à 8 h	765
de 8 à 9 h	793
de 18 à 19 h	793
de 20 à 21 h	765
de 21 à 22 h	793
Total	3910 litres

Ce tableau de répartition des consommations montre que l'installation doit être capable de fournir 1 558 l d'eau à 70 °C en 2 heures (765 + 793). On pourra donc choisir un stockage de 1 000 l et un générateur capable de le réchauffer en une heure ou un stockage de 2 000 l et un générateur capable de produire 1 000 l d'eau chaude en 2 heures.

Exemple

Si l'on choisit un volume de stockage de 1 000 l pour pouvoir assurer le débit horaire demandé, on aura à partir des formules données dans le mémento technique (chapitre 1) :
Température de l'eau froide : 10 °C.
Température de l'eau chaude : 70 °C.
Écart de température : 60 °C.
Volume d'eau à chauffer en 1 heure : 765 l soient 0,765 m^3. (On considère que le volume d'eau disponible est de 1 000 l, la première heure on prélève 765 l, il faut donc élever à nouveau la température de ces 765 l d'eau froide pour reconstituer la réserve d'eau chaude à 70 °C.)
Temps disponible pour chauffer l'eau : 1 heure.
Pour calculer l'énergie nécessaire, on utilisera la formule suivante :

$$E = C_p \cdot V \cdot \Delta\theta = 1{,}163 \times 0{,}765 \times 60 = 53{,}4 \text{ kWh}$$

La puissance de la chaudière devra donc être de 53 kW.
À cette étape du calcul, il faut prendre en considération les besoins de chauffage de l'installation. Dans le cas d'un immeuble de 50 logements, ils seront compris entre 300 et 400 kW.
Les besoins en production d'eau chaude correspondent donc à environ 15 % de la puissance de l'installation. Pendant le réchauffage du ballon (1 h) l'installation de chauffage dispose d'une puissance réduite de 15 %, ce qui n'a pas d'incidence sur le confort.
Il faut bien entendu ajouter à ces calculs les pertes liées au refroidissement du ballon, au refroidissement des tuyauteries, au rendement des appareils… pour obtenir un calcul précis des consommations d'énergie.
Le choix de l'échangeur (échangeur annulaire, échangeur à plaques…) se portera sur un modèle ayant une puissance utile d'au moins 53 kW. Le débit d'eau dans l'échangeur devra être de (formules de puissance du mémento technique) :

$$P = q_v \cdot C_p \cdot \Delta\theta$$

…

qui donne :

$$q_v = \frac{P}{1{,}163 \times \Delta\theta}$$

Si l'échangeur a les caractéristiques suivantes :
Puissance du réchauffeur : 60 kW
Écart de température entrée-sortie : 20 K
son débit d'eau devra être de :

$$q_v = \frac{P}{1{,}163 \times \Delta\theta} = \frac{60}{1{,}163 \times 20} = 2{,}56 \text{ m}^3/\text{h}$$

En consultant la documentation du constructeur, on trouvera une perte de charge de 8 mCE. Si l'on rajoute les pertes de charge de la tuyauterie, par exemple 2 mCE, on trouvera une perte de charge totale de 10 mCE.
Le circulateur devra donc avoir comme point de fonctionnement : 2,56 m³/h – 10 mCE.

L'usage d'un circulateur permet de réduire le diamètre des tuyauteries du circuit primaire (circulation d'eau entre la chaudière et le réchauffeur). Dans le cas des maisons isolées sans électricité ou ayant peu de production électrique (solaire photovoltaïque, éolien…), il est possible de dimensionner une installation sans circulateur, la circulation d'eau se fait alors par thermosiphon. Le diamètre des tuyauteries devra dans ce cas être plus important (se reporter à la page 375, « Dimensionnement d'une production d'eau chaude sanitaire par thermosiphon »).

3.2 Appareils de production collective d'eau chaude

On trouvera différents types d'installations en fonction du mode de production de chaleur et du type d'échangeur utilisé pour la production d'eau chaude collective.

Dispositifs communs à tous les types d'installations :

- Une purge d'air doit être installée sur le bouclage d'ECS aux points hauts des colonnes montantes, des coudes, en sortie du préparateur ECS.
- Si l'apport en air est important, un séparateur d'air sera positionné en sortie du préparateur d'ECS.
- Les accessoires obligatoires sont :
  - soupape de sécurité ;
  - raccords diélectriques sur eau froide et eau chaude.

■ Échangeur serpentin

Lorsque la puissance de la production d'eau chaude du circuit de chauffage est suffisante, il est possible d'installer une production d'eau chaude sanitaire en utilisant l'eau du circuit de chauffage. L'eau circule dans un serpentin placé à l'intérieur du ballon échangeur. Une sonde de température commande le fonctionnement de la pompe de circulation pour maintenir cette eau en température (figure 7.31).

Le raccordement du serpentin (circuit chauffage) devra être équipé d'un clapet anti-retour, l'alimentation d'eau froide d'un groupe de sécurité.

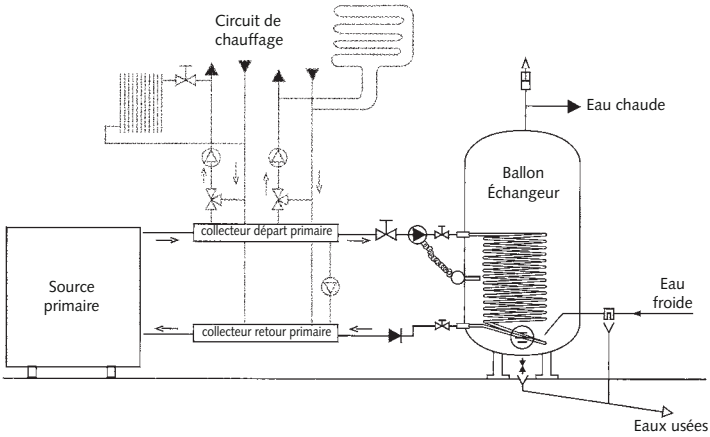


Figure 7.31 – Échangeur serpentin (documentation PACIFIC)

■ Échangeur tubulaire

Sur le même principe que l'échangeur serpentin, le ballon peut être équipé d'un échangeur tubulaire. Le fonctionnement de l'installation est le même que pour l'échangeur serpentin (figure 7.32).

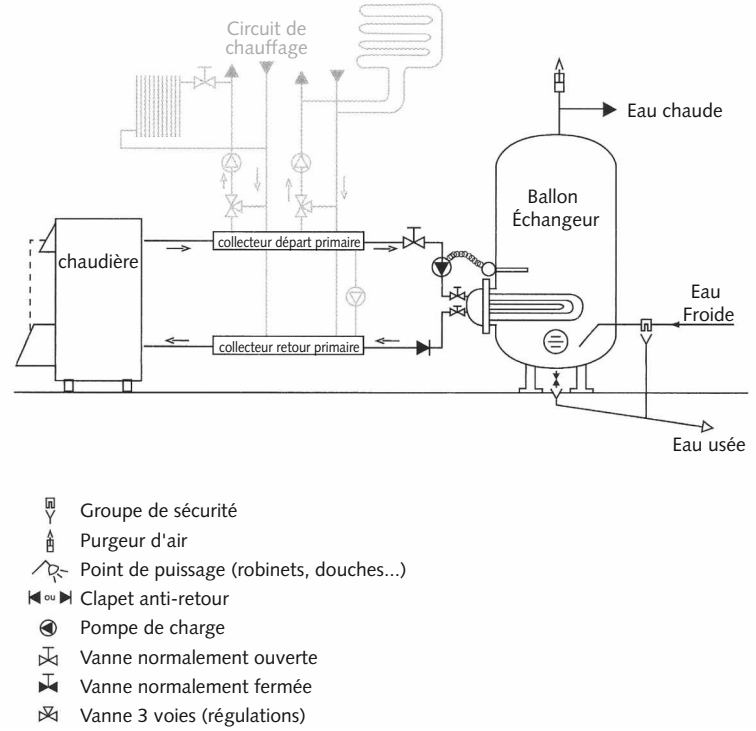


Figure 7.32 – Échangeur tubulaire (documentation PACIFIC)

Les échangeurs tubulaires sont des réchauffeurs ayant une grande surface d'échange, ce qui permet d'avoir une grande puissance de production d'eau chaude sanitaire dans un faible volume.

■ Échangeur à plaques

L'échangeur à plaques est composé d'un nombre variable de plaques en acier inoxydable ou en titane, ce nombre de plaques déterminera sa puissance.

Le principe de fonctionnement est le suivant: l'eau du circuit primaire circule entre la première et la deuxième plaque, l'eau du circuit secondaire

(eau chaude sanitaire) circule entre la deuxième et la troisième plaque et ainsi de suite en alternance. Il n'y a aucune communication entre les deux circuits (figure 7.33).

Les plaques sont ondulées ce qui augmente leurs surfaces d'échange, elles permettent d'obtenir une puissance importante dans un volume restreint.

La production par échangeur à plaques peut être instantanée, semi-instantanée ou semi-accumulée. La production d'eau chaude est plus rapide et permet de répondre à des besoins ponctuels plus importants

Une vanne 3 voies sur le circuit chauffage permet d'adapter la puissance de l'échangeur pour maintenir une température d'eau chaude sanitaire stable à la sortie de l'échangeur.

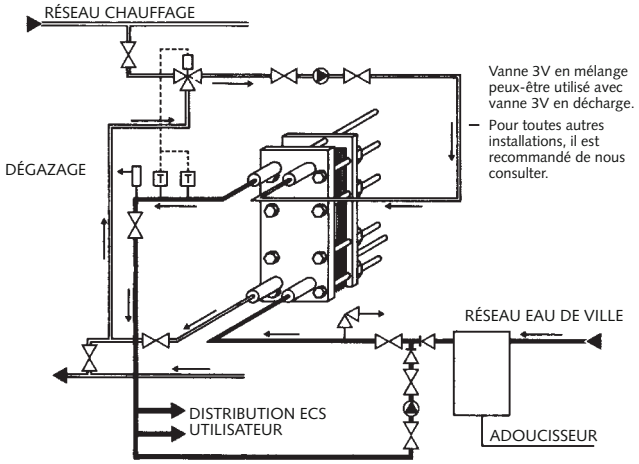


Figure 7.33 – Échangeur à plaques pour eau chaude sanitaire Alfa-Laval

■ Résistance électrique

Il existe des chauffe-eau de grande capacité (plus de 300 l, pouvant aller jusqu'à 5000 l). Ces chauffe-eau comportent plusieurs résistances électriques qui assurent le maintien en température du volume d'eau chaude. Pour avoir une température homogène dans l'ensemble du réser-

voir, on peut être amené à installer un circulateur de brassage qui va brasser l'eau contenue dans la cuve pour éviter le phénomène de stratification (figure 7.34) ou, au contraire, un constructeur peut utiliser la stratification pour optimiser les performances du stockage. Dans ce cas, les raccordements hydrauliques seront adaptés.

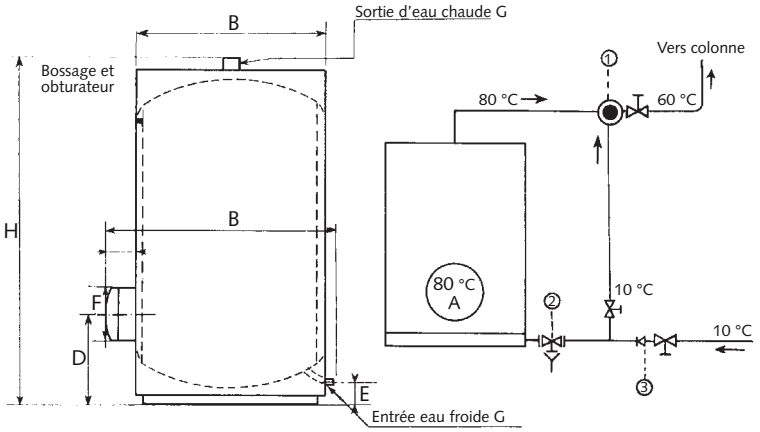


Figure 7.34 – Cote et montage direct d'un chauffe-eau de grande capacité Rhonelec. Le mélangeur est facultatif lorsque la température de l'eau dans le chauffe-eau est réglée au plus à 60 °C

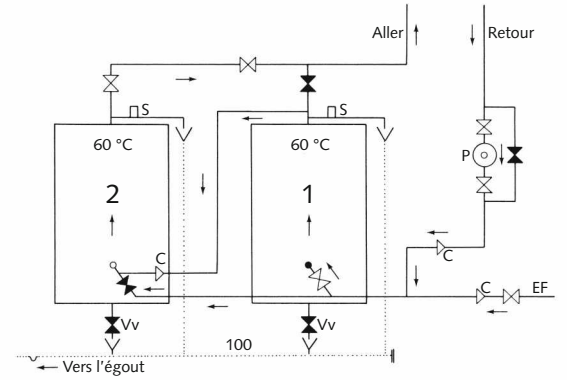
La protection des cuves est réalisée de façon différente selon les constructeurs (tôles d'acier traité, tôle émaillée, le zingué, plastifié, galvanisé, revêtements en ciment, anode de protection en magnésium, en aluminium…).

Le calorifugeage est réalisé en laine de verre, laine de roche, ou en revêtements polyéthylène. Il doit respecter la réglementation thermique en vigueur car les pertes de chaleur du ballon de stockage font baisser considérablement les performances de l'installation.

L'accès à la cuve est réalisé à partir d'un trou d'homme qui permet l'inspection complète de l'intérieur de la cuve et les travaux de détartrage et d'entretien.

On installera un ou plusieurs groupes de sécurités de diamètre 26 × 34 en fonction du volume d'eau et de la puissance installée.

Il est possible de monter plusieurs chauffe-eau de grande capacité en série ou en parallèle (figure 7.35).



S : soupape de sécurité 7 bar
C : clapet antiretour
P : circulateur de bouchage
Vv : vanne de vidange
EF : eau froide

Figure 7.35 – Montage de plusieurs chauffe-eau en circulation

Les vannes en noir sont des vannes normalement fermées, les vannes en clair sont des vannes normalement ouvertes. Chaque chauffe-eau est équipé de son propre groupe de sécurité. Les résistances pourront être des résistances blindées ou des résistances stéatite. La présence de vannes supplémentaires permet, en cas de défaillance de l'un des deux appareils, d'assurer une continuité de service sur l'appareil restant.

La prise en charge du risque légionelles a fait apparaître ces dernières années de nombreux systèmes de chauffage de l'eau, de réchauffage de la boucle circulation… Il conviendra de consulter les recommandations des différents constructeurs.

L'important volume des ballons de stockage provoque un phénomène de stratification. Il est indispensable de s'assurer que la totalité du ballon se trouve à une température supérieure à 60 °C (destruction des légionelles).

Dans la pratique

Il existe de nombreuses manières de faire de l'eau chaude sanitaire. La conception des installations a beaucoup évolué. Il faut malgré tout connaître ces évolutions pour pouvoir intervenir lors de dépannages. L'arrivée des énergies renouvelables imposée par la réglementation thermique et l'évolution des techniques et des performances des matériels continuera de faire évoluer les installations.

3.3 Boucle d'ECS

■ Bouclage d'eau chaude sanitaire

Dans les immeubles ou dans les maisons, lorsque la longueur de la tuyauterie d'eau chaude est supérieure à 8 m et que le temps d'attente est trop long, il faut réaliser un bouclage d'eau chaude sanitaire. Sa conception et son dimensionnement sont définis par le DTU 60.11.

Un réseau de distribution d'eau chaude avec bouclage de circulation doit avoir les caractéristiques suivantes (figure 7.36) :

- Même si, dans l'exemple de la figure 7.36, il y a un seul module (composé de plusieurs circuits), il peut y en avoir plusieurs, équipés de vannes d'équilibrage.
- La température en tout point du réseau doit être supérieure à 50 °C.
- La longueur de chaque raccordement individuel ne doit pas dépasser 8 m (après la vanne compteur).
- La vitesse de l'eau dans le retour du bouclage doit être comprise entre 0,2 et 0,5 m/s.
- Les diamètres des retours devront être supérieurs ou égaux à 12 mm intérieur, soit DN 15 pour l'acier galvanisé (16,7/21,3), 14 × 1 pour le cuivre, DN 16 pour le PVC-C (12,4/16), DN 16 pour le PEX ou PB (16 × 1,5).
- Les vannes d'équilibrage doivent avoir une ouverture d'au moins 1 mm.
- Les tuyauteries doivent être isolées avec un matériau dont le coefficient de perte (en W/m·K) est inférieur ou égal à : 3,3d + 0,22 (avec d diamètre extérieur en mètres).

Pour respecter la température de 50 °C en tout point du circuit, il faudra calculer :

- les pertes thermiques des canalisations ;
- la chute de température ;
- le débit de la pompe et sa hauteur manométrique en fonction du tronçon le plus défavorisé.

La méthode complète est détaillée sur le DTU 60.11 P1-2 disponible sur le site de l'AFNOR.

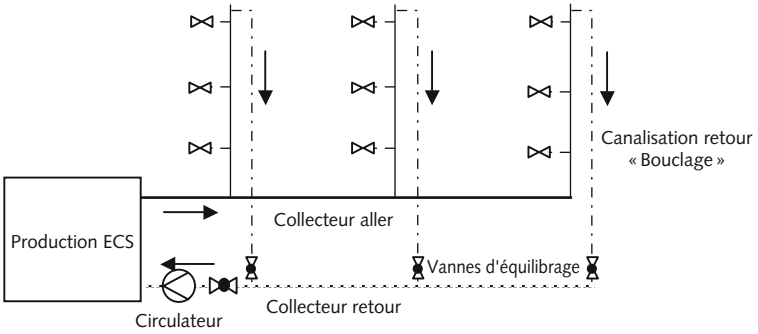


Figure 7.36 – Réseau de distribution d'eau chaude avec bouclage de circulation

■ Réchauffeurs de boucle

Les pertes sur le réseau de distribution et sur la boucle de circulation étant importantes, on pourra installer un réchauffeur de boucle dont la seule fonction est de maintenir la boucle en température, indépendamment de la production d'eau chaude (figure 7.37).

Les réchauffeurs doivent être équipés d'un groupe de sécurité.

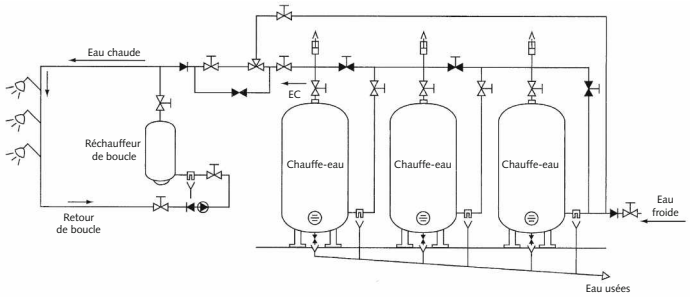


Figure 7.37 – Réchauffeur de boucle Pacific

Lorsque l'installation d'une boucle d'eau chaude sanitaire n'est pas envisageable (rénovation…), il est possible d'installer sur la tuyauterie de distribution un cordon chauffant qui la maintiendra en température (figure 7.38). Ce cordon est placé sous l'isolant, une signalisation doit être mise en place pour prévenir de la présence d'un câble électrique sur la tuyauterie.

Les cordons sont généralement autorégulés (seule la partie qui n'est pas à la température de consigne chauffe).

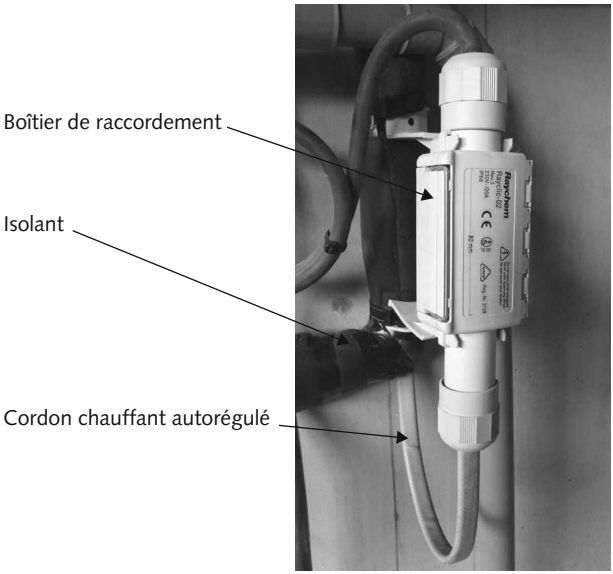


Figure 7.38 – Cordon chauffant

■ Isolation des boucles d'eau chaude sanitaire

Lorsque les points de puisage sont éloignés, on réalisera un bouclage d'eau chaude sanitaire permettant de maintenir en température toute la tuyauterie de distribution d'eau chaude jusqu'au point le plus éloigné pour limiter les temps d'attente.

Ce type d'installation provoque des déperditions de chaleur, l'eau qui circule dans les tuyaux se refroidit.

La norme précise que la température doit être en tout point du réseau supérieur à 50 °C, il faudra donc dimensionner correctement le bouclage d'eau chaude sanitaire. Le calcul des déperditions se fera de manière très précise pour s'assurer que la température du retour de la boucle n'est pas inférieure à 50 °C.

On pourra installer des pompes de bouclage d'eau chaude sanitaire régulées en fonction de la température de l'eau.

■ Méthode de dimensionnement d'un bouclage d'eau chaude sanitaire

Il s'effectuera en plusieurs étapes (DTU 60.11 P1-2).

- Calcul des réseaux aller selon le DTU.
- Calcul de l'isolation des canalisations aller.
- Calcul des pertes thermiques des canalisations aller.
- Calcul des débits de bouclage de chaque boucle : en fonction du diamètre intérieur, des chutes de température dans la boucle (égales à la moitié de la chute totale) et de la vitesse (vitesse comprise entre 0,2 et 0,5 m/s).
- Calcul du débit total de bouclage.
- Calcul du collecteur retour : vitesse inférieure à 1 m/s et ≤ débit aller.
- Calcul de l'isolation des canalisations retour et des pertes thermiques.
- Calcul des températures retour (les températures doivent être ≥ 50 °C en tout point du circuit).
- Calcul des pertes de charges du réseau le plus défavorisé.
- Calcul des pertes de charges à ajouter à chaque boucle (par les vannes d'équilibrage : ouverture > 1 mm).
- Calcul de la hauteur manométrique nécessaire à la pompe : maintien de la circulation dans la boucle pendant les puisages.

3.4 Cas particulier des anciennes installations de production par thermosiphon

L'apparition des maisons BBC, passives, positives, autonomes… ou dans des sites isolés privés d'électricité obligeait, dans certains cas, de réaliser une installation en thermosiphon (à partir d'une chaudière bois par exemple). Il fallait dans ce cas respecter les indications de ce paragraphe.

De nos jours, l'installation de panneaux solaires et de circulateurs basse consommation permet de réaliser l'installation de manière standard.

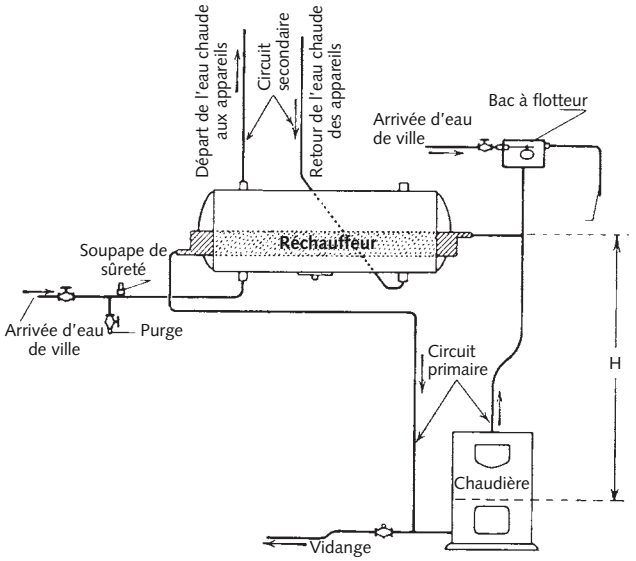


Figure 7.39 – Service d'eau chaude sous pression de ville. Le bac à flotteur sert d'expansion, la boule se trouve dans l'eau chaude

Exemple

Les calculs de la puissance de l'échangeur restent les mêmes que précédemment, nous prendrons comme exemple : 5,4 kW nécessaires pour réchauffer 76,5 l d'eau de 60 °C avec un temps de réchauffage de 1 heure.

Considérons la chaudière de la figure 7.38. En tenant compte des pertes liées à la tuyauterie du circuit primaire et en gardant une marge de sécurité, sa puissance utile sera de 60 kW, son écart de température entrée-sortie sera de 20 °C, on aura :

Débit d'eau dans la chaudière :

$$q_v = \frac{P}{1{,}163 \times \Delta\theta} = \frac{6}{1{,}163 \times 20} = 0{,}258 \text{ m}^3/\text{h}$$

La force hydromotrice responsable du phénomène de thermosiphon est liée à la variation de la masse volumique de l'eau en fonction de sa température (l'eau chaude se déplace sous l'effet de la différence de chaleur – et donc de masse volumique – entre deux points du circuit). Elle dépend de la différence de hauteur (H) entre les deux points du circuit. On prend généralement comme valeur 0,6 mm CE/m pour un écart de 1 °C.

Dans le cas d'une installation par thermosiphon, il ne faut pas isoler les tuyauteries, la force hydromotrice n'est possible que s'il y a une différence de température entre deux points du circuit (ce qui est contraire aux exigences de la réglementation actuelle).

Exemple

Dans l'exemple précédent (figure 7.39) la hauteur d'eau entre la chaudière et le réchauffeur est de 1,5 m, l'écart de température de 20 °C, la force hydromotrice sera de :

$$0{,}6 \times 20 \times 1{,}5 = 18 \text{ mm CE}$$

La perte de charge totale du circuit primaire ne devra pas être supérieure à cette valeur sinon, la force hydromotrice sera insuffisante pour provoquer le déplacement de l'eau.
Longueur de la tuyauterie :
Si la longueur de la tuyauterie du circuit primaire est de 8 m et que l'on connaît les pertes de charge du réchauffeur et de la chaudière pour un débit de 0,258 m^3/h :
Pertes de charge du réchauffeur : 2,5 mmCE.
Pertes de charge de la chaudière : 3,5 mmCE.
Les pertes de charge maximales admissibles pour les 8 m de tuyauterie sont de :

$18 - (2{,}5 + 3{,}5) = 12$ mmCE

soit une perte de charge par mètre de :

Pertes de charge linéaires : $\frac{12}{8} = 1{,}5$ mmCE/m

Le choix s'effectuera à partir du tableau 7.13.

Sur le tableau 7.8, on trouve que la tuyauterie ayant un débit de 256 l/h et une perte de charge maximale de 1,5 mm CE /m devra avoir un diamètre intérieur supérieur ou égal à 33 mm.

Tableau 7.16 – Diamètres des circuits de réchauffage à employer pour une perte de charge et un débit donnés (diamètres intérieurs en mm)

Débit (l/h)	Pertes de charge en mmCE par mètre												
	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2	3	4	6	7	8
20	20	20	15	15	15	12	12	12	12	12	12	12	12
30	20	20	20	15	15	15	12	12	12	12	12	12	12
60	26	26	20	20	20	20	15	15	15	15	12	12	12
100	33	33	26	26	20	20	20	20	20	20	15	15	15
150	33	33	33	26	26	26	20	20	20	20	20	20	20
200	40	40	33	33	26	26	26	26	20	20	20	20	20
350	50	50	40	33	33	33	33	33	26	26	26	26	20
500	60	50	50	40	40	40	40	333	33	33	26	26	26
700	66	60	50	50	50	50	40	40	33	33	33	33	33
900	72	66	60	50	50	50	40	40	40	33	33	33	33
1250	80	72	66	60	60	60	50	50	40	40	33	33	33
1700	90	80	72	66	66	60	60	50	50	50	40	40	40
2200	102	90	80	72	66	66	60	60	50	50	50	50	50
3000	115	102	90	80	72	72	66	66	60	60	50	50	50
4000	127	115	102	90	80	80	72	72	66	66	60	60	50
5000	127	127	115	102	90	90	80	80	72	72	66	60	60
8000	152	152	127	115	115	102	102	90	80	80	72	72	66
10000	–	152	127	127	115	115	102	102	90	90	80	80	72
12500	–	152	152	127	127	127	115	102	102	102	90	90	90

Les installations en thermosiphon ne sont plus utilisées de nos jours car le mouvement de l'eau créé par la force hydromotrice reste faible et lent.

Dans cet exemple, on a :

$$q_v = 0{,}258 \text{ m}^3/\text{h}$$

soit :

$$q_v = \frac{0{,}258}{3\,600} = 0{,}00007166 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S = \frac{\pi \times (0{,}033)^2}{4} = 0{,}000855 \text{ m}^2$$

À partir de la formule du mémento technique (chapitre 1) : $q_v = v \times S$, on trouve :

$$v = \frac{0{,}0000717}{0{,}000855} = 0{,}0838 \text{ m/s}$$

Le débit est très faible, bien au-dessous des 0,2 m/s recommandés.

À la mise en marche de la chaudière, l'écart de température est faible, la force hydromotrice est donc très faible, le « démarrage » d'une installation au thermosiphon est lent. C'est pour cette raison que l'on préfère utiliser un circulateur (les nouveaux circulateurs ont de très faibles consommations, environ 5 W en individuel, soit 120 Wh par jour seulement).

Mais, une fois que l'écart de température est établi, les performances du système sont celles qui ont été calculées précédemment.

Dans la pratique

Le thermosiphon est destiné à disparaître devant l'évolution des techniques et la baisse de consommation des circulateurs.
Par contre on trouvera en rénovation d'anciennes installations réalisées en thermosiphon, le volume d'eau contenu dans les tuyauteries étant très important, il faudra contrôler le dimensionnement du vase d'expansion.
Le phénomène du thermosiphon se produit toujours dans les installations, il faudra parfois installer un clapet anti-thermosiphon.

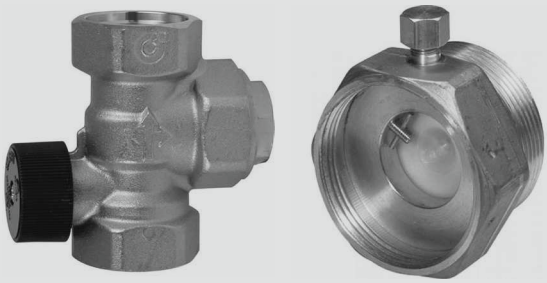


Figure 7.40 – Clapets anti-thermosiphon Thermador

Les clapets anti-thermosiphon sont équipés d'un dispositif permettant l'ouverture manuelle pour pouvoir vidanger l'installation.

4 Mitigeurs thermostatiques

La réglementation imposant des températures maîtrisées ou point de puisage dans les installations domestiques neuves et dans les tuyauteries en acier galvanisé pour les installations collectives, on trouvera de plus en plus sur les installations des mitigeurs thermostatiques permettant de régler la température de l'eau distribuée dans l'installation.

Le principe général de fonctionnement d'un mitigeur thermostatique est d'effectuer un mélange entre l'eau chaude produite et l'eau froide pour obtenir la température désirée. On parle d'eau mitigée.

Pour éviter un retour d'eau chaude dans les tuyauteries d'eau froide, tous les mitigeurs devront être équipés de clapets anti-retour sur les arrivées d'eau froide et d'eau chaude (ce qui n'est pas toujours le cas pour les anciens modèles).

Bien entendu il est possible d'effectuer ce réglage manuellement à l'aide d'une vanne trois voies, mais la température de l'eau froide n'est pas stable sur une année, elle augmente en été et diminue en hiver. De la même manière la température de production de l'eau chaude peut varier en fonction des consommations. C'est pour toutes ces raisons que l'on utilisera un mitigeur thermostatique qui adapte le mélange entre l'eau froide et d'eau chaude en fonction de la température contrôlée à la sortie du mitigeur.

Le principe de fonctionnement d'un mitigeur thermostatique est toujours le même : un élément sensible à la température (bulbes, cartouche de cire…) se déforme sous l'effet de la température et commande mécaniquement le déplacement des clapets qui autorisent l'entrée d'eau froide et d'eau chaude dans les mitigeurs. Ils permettent une régulation de température au degré près ou au dixième de degré près (figure 7.41).

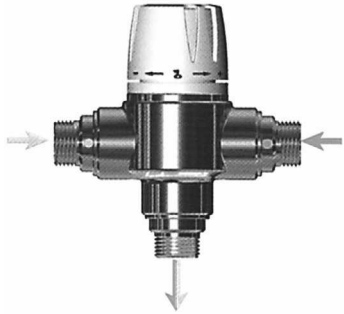


Figure 7.41 – Mitigeur thermostatique Thermador

On trouvera de petits mitigeurs thermostatiques à installer aux plus près des points de puisage, par exemple pour toute l'eau chaude d'une salle de bain. Ils intègrent souvent une fermeture automatique

en cas de coupure de l'arrivée l'eau froide et une sécurité antibrûlures lorsque la température dépasse 48 °C. Pour les mitigeurs de collectivités, il faudra pouvoir momentanément modifier le fonctionnement du mitigeur thermostatique pour permettre une désinfection thermique des réseaux (élévation de la température pendant un temps donné avec écoulement à l'appareil de puisage).

Pour les installations de dimensions plus importantes, on trouvera des modèles de mitigeurs thermostatiques adaptés pouvant aller jusqu'à des diamètres supérieurs à 2''.

On trouve aujourd'hui des mitigeurs thermostatiques électroniques (équipés d'une vanne trois voies de régulation) qui permettent de programmer des montées en température sur des cycles de 24 heures. Ces montées en température permettent de désinfecter les réseaux et sont souvent accompagnées de dispositifs de sécurité pour éviter la brûlure d'un usager pendant les montées en température du réseau.

Les fabricants de robinetteries temporisées et de mitigeurs thermostatiques proposent des solutions clefs en main qui intègrent des dispositifs de lutte contre la légionelle pour équiper des installations collectives publiques.

Figure 7.42 – Mitigeur thermostatique permettant de programmer des chocs thermiques Thermador

On trouvera également des dispositifs anti-brûlure pour les mitigeurs thermostatiques respectant les normes NF.

Rappel

Pour éviter la corrosion de l'installation, l'eau chaude ne doit pas être distribuée dans les réseaux d'acier galvanisé à une température supérieure à 60 °C.

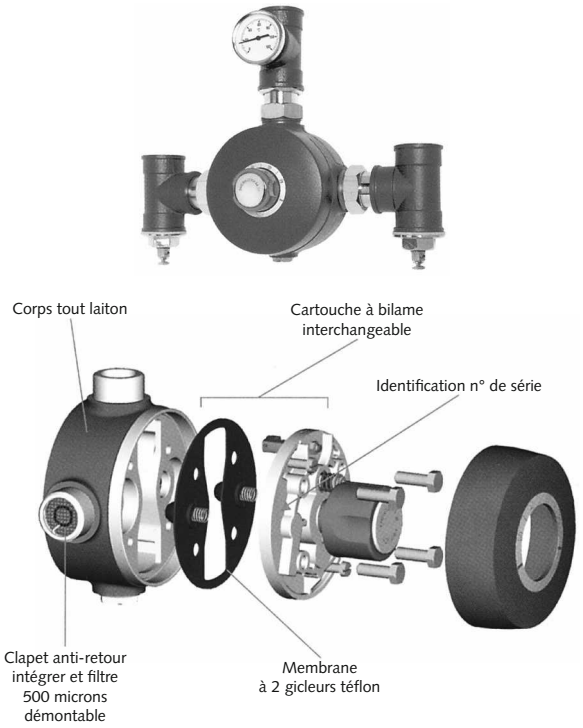


Schéma du modèle livré nu, sans accessoire.

Figure 7.43 – Mitigeur thermostatique collectif Thermeram IV, Idéal Standard

On peut aussi installer des robinetteries thermostatiques à chaque appareil. Elles sont équipées de filtres et de clapets anti-retour, une poignée permet le réglage de la température, l'autre l'ouverture du robinet (figure 7.44).

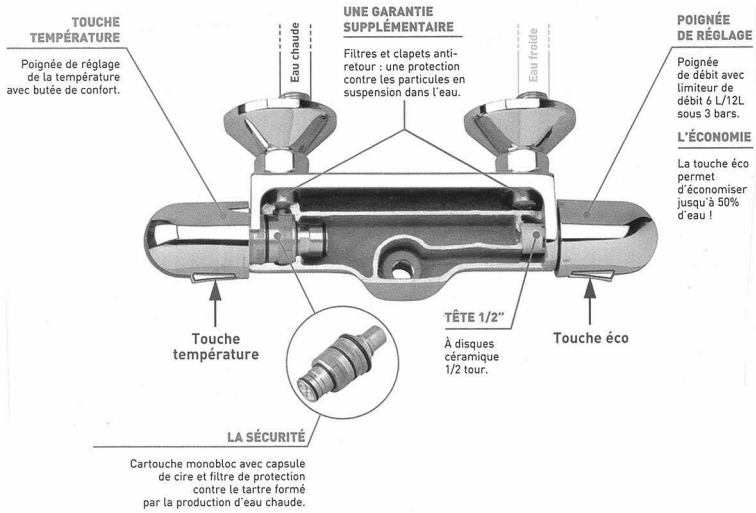


Figure 7.44 – Mitigeur thermostatique (Ideal Standard)

5 Comparaison entre production collective et production individuelle d'eau chaude sanitaire

Chaque système présente ses avantages et inconvénients :

- La distribution collective nécessite parfois un investissement moins important que de nombreuses installations individuelles.
- Le confort d'une installation collective est « collectif », les décisions de régulation (horaires, température…) sont valables pour tous les usagers.
- La distribution collective présente plus de pertes en ligne dues au réseau de distribution important.

- La production individuelle permet « d'individualiser » les charges liées à l'eau chaude sanitaire (coûts de production, maintenance...). Le choix est souvent réalisé par le promoteur et non par l'utilisateur.

La production d'eau chaude collective solaire est aujourd'hui une technologie maîtrisée, de nombreuses installations voient le jour, elles permettent de réaliser d'importantes économies sur les coûts de production de l'eau chaude sanitaire.

Les évolutions successives des différentes réglementations thermiques ont favorisé l'utilisation d'énergies renouvelables dans la production d'eau chaude car cela permet de réduire considérablement les besoins énergétiques d'un bâtiment.

8
CANALISATIONS D'EAU SOUS PRESSION

La réalisation des réseaux d'eau sous pression est soumise à de nombreux DTU, principalement le DTU 60.1 (NF P 40-201) et le DTU 60.5 (NF P 41-221). Plus généralement, les DTU de la série 60 et 65 définissent les règles de l'art, il conviendra de les consulter dans tous les cas. Les cahiers techniques du CSTB, les recommandations, les normes et règlements définissent eux aussi les contraintes réglementaires des installations d'eau sous pression.

Il faut noter que le DTU 65.10 (NF P 52-305 – octobre 2000) a été annulé en juillet 2017. Il faut maintenant se reporter au DTU 60.1.

Remarque

Il est important, lors du choix d'une tuyauterie en métal, de prendre en compte la nature de l'eau ; selon la qualité de l'eau distribuée, l'utilisation de certains métaux pourra être interdite.
Tous les équipements, appareils, accessoires doivent être démontables sans dépose des canalisations.

1 Règles de pose et de fixation des tuyauteries

1.1 Généralités

Il faudra consulter les règles de poses spécifiques à chaque type de réseau (eau froide, eau chaude, eaux usées…) ou à chaque type de tuyauterie (acier, cuivre fonte…), mais certaines règles de base s'appliquent dans la plupart des cas.

Le passage des tuyauteries dans les locaux normalement non protégés du gel doit être évité dans toute la mesure du possible.

L'isolement et la purge des tuyauteries obligatoirement exposées au gel doivent être prévus. Plus généralement il est recommandé de calorifuger

toutes les tuyauteries exposées au gel, mais cette protection n'est pas suffisante. Elle ne fait que retarder le moment où la tuyauterie finira par geler.

La pose des canalisations de plomberie sanitaire dans l'épaisseur d'un isolant thermique ou phonique est interdite (l'alimentation d'un robinet de puisage extérieur est cependant autorisée si un dispositif permet sa vidange en hiver).

La pose en vide sanitaire est réglementée et fait l'objet d'interdictions ou de conditions particulières selon le type de tuyauterie.

Vides sanitaires inaccessibles : seule la pose de canalisations d'eau froide sans accessoires ni assemblages (soudure, collage, raccords…) est autorisée. Un vide sanitaire accessible doit disposer d'un accès d'une largeur minimale de 0,6 m et d'une surface de 0,6 m^2 (soit $0,6 \times 1$ m). La hauteur libre minimale doit être de :

- en maison individuelle : 0,6 m ;
- dans les autres cas (immeubles) :
  - 0,6 m partout,
  - 1 m sous les poutres sans tuyauterie,
  - 1,3 m au passage des tuyauteries avec un espace de 0,3 m de chaque côté.

Les tuyauteries doivent être éloignées des locaux où le bruit est le plus gênant (chambres principalement). Il est recommandé, pour éviter la transmission du bruit de l'installation dans les locaux habités, d'utiliser des dispositifs spéciaux pour réduire les bruits produits par les appareils et la transmission des bruits résiduels.

L'installation doit être telle que la réparation ou la transformation d'une de ses sections apporte un minimum de trouble au fonctionnement de l'ensemble.

Les fixations doivent être compatibles avec les matériaux de la paroi, l'espace entre la tuyauterie et la paroi ne doit pas être calfeutré. Elles sont interdites dans les poutrelles en béton précontraint.

Lors du raccordement des appareils, on veillera à laisser accessibles les raccords, joints et parties démontables.

Tous les accessoires d'une tuyauterie (réducteur de pression, clapets, filtre, manchon souple…) doivent rester accessibles.

On évitera les coudes brusques, les contre-pentes ; les tuyauteries d'allure horizontales doivent avoir une légère pente de 2 mm/m pour permettre la vidange de la tuyauterie au point bas.

Le passage des tuyauteries est interdit dans :

- les conduits de fumée ou leurs parois ;

- les conduits de ventilation ou leurs parois (la traversée peut être autorisée s'il n'y a pas de risque de gel) ;
- l'épaisseur de l'isolant d'un mur de façade (l'alimentation d'un robinet de puisage extérieur est autorisée si un dispositif permet sa vidange en hiver).

Les canalisations ne doivent pas se toucher entre elles. La libre dilatation des tuyauteries doit être réalisée par :

- des changements de direction,
- des lyres,
- des compensateurs de dilatation.

Les canalisations d'eau chaude installées dans les vides sanitaires ou les parties non chauffées doivent être calorifugées, les boucles d'eau chaude sanitaire le seront dans tous les cas.

D'une manière générale, les tubes doivent porter un marquage indélébile qui comprend :

- le nom ou le sigle du fabriquant,
- le diamètre extérieur,
- la référence à la norme du tube ou à l'avis technique.

Les tuyauteries laissées en attente pour le raccordement par une autre entreprise devront dépasser des dalles ou planchers de 8 cm (minimum) ou 15 cm (recommandé).

L'installateur doit faire les essais de la première mise en service.

1.2 Percements et traversées

■ Règles d'usage

Par convention, les percements et scellement sont réalisés par l'entreprise de gros œuvre (sauf pour les murs porteurs et cloisons de moins de 15 cm d'épaisseur qui restent à la charge de l'entrepreneur de plomberie et sauf convention particulière).

Le maître d'œuvre s'assure que les percements (percement interdit dans les poutrelles), enrobages, encastrements ne nuisent pas à la résistance mécanique d'ensemble, et qu'il reste possible d'effectuer la réparation ou le remplacement de tout ou partie d'une tuyauterie enrobée ou encastrée sans nuire à cette résistance.

Pour les matériaux spéciaux (cloisons métalliques, verre...), un accord sera nécessaire entre les différentes entreprises.

Les percements et scellements dans un ouvrage comportant une étanchéité sont interdits.

Les matériaux qui sont en contact avec les tuyauteries doivent être chimiquement neutres ; si ce n'est pas le cas, la tuyauterie doit être protégée (par une bande adhésive, une peinture… ou par un fourreau).

Les tuyauteries métalliques doivent être séparées par un isolant (du point de vue électrique) des parties métalliques de la construction (poutrelle, fer à béton, autres tuyauteries...).

La canalisation doit être séparée du gros œuvre par un fourreau lorsqu'il y a risque de mouvement (vibration ou dilatation de la tuyauterie ou du gros œuvre).

Aucun joint de tuyauteries ou soudure ne doit être placé dans la traversée des murs, cloisons et planchers.

La réglementation incendie s'applique à toutes les traversées de cloisons et de parois.

Lorsque les tuyauteries pourront être encastrées ou enrobées (se reporter aux différents paragraphes), l'épaisseur minimale entre le tube (ou sa gaine) et la surface finie sera d'au moins 2 cm.

Dans le cas de passage dans le seuil d'une porte pour laquelle doit être fixée une barre de seuil (revêtements de sol plastique), cette épaisseur sera portée à 4 cm.

Aucun tube ne doit servir de support pour d'autres tubes.

■ Vocabulaire

Il faut définir les termes employés dans ce chapitre.

Canalisation apparente : Canalisation posée sur les murs, cloisons ou plafonds et directement accessible.

Canalisation dissimulée : Canalisation posée dans des caniveaux ou des gaines techniques. L'accès pour l'inspection et la maintenance doit rester possible. Les raccords démontables doivent rester accessibles par des trappes d'au moins 40 × 60 cm.

Canalisation enrobée (ou incorporée) : Canalisation d'une longueur supérieure à 1 m, noyée dans un élément du gros œuvre, la mise en place du matériau d'enrobage (béton, mortier…) a lieu après la pose de la canalisation.

Canalisation encastrée : Canalisation d'une longueur supérieure à 1 m, mise en place dans un emplacement réservé (au moment de la réalisation du gros œuvre). Le remplissage est réalisé par la suite avec un matériau de même nature que celui utilisé pour le gros œuvre.

La pose enrobée ou encastrée est autorisée :

- dans les planchers (seules les canalisations cuivre gainées peuvent être posées sur les entrevous, ou hourdis placés entre les poutrelles, avec un enrobage d'au moins 50 mm) ;
- pour les tuyauteries en acier galvanisé ou en cuivre qui doivent avoir un fourreau dans les bétons et mortiers ;
- dans le plâtre pour les tuyauteries en cuivre.

L'enrobage doit être :

- dans une dalle pleine, d'au moins 50 mm ou du diamètre de la gaine la plus grosse (DTU 21 – juin 2017) ;
- dans une dalle alvéolée préfabriquée, d'au moins 20 mm ou du diamètre de la gaine la plus grosse. Les canalisations doivent être écartées d'au moins 40 mm (DTU 23.2) ;

Les canalisations, fourreaux… doivent être situés entre les nappes d'armature, leur croisement ne doit pas représenter plus de la moitié de l'épaisseur de la dalle.

L'enrobage dans le mortier de pose des carreaux n'est pas autorisé.

L'enrobage d'une canalisation dans l'épaisseur d'une chappe flottante est interdit (en dehors des tuyauteries de planchers chauffants).

Canalisation engravée : Canalisation installée dans une saignée réalisée dans un ouvrage, le remplissage est réalisé avec un matériau de même nature. Si elle est métallique, elle sera obligatoirement protégées contre la corrosion.

Quelle que soit l'épaisseur de la paroi, la réalisation de saignées horizontales est interdite à moins de 50 cm au-dessous des appuis de poutres ou solives d'un plancher. Dans tous les cas, elles ne doivent pas compromettre la stabilité de l'ouvrage.

Les canalisations d'eau chaude de plus de 1 m doivent pouvoir se dilater (mousses...) et seront isolées.

Canalisations enterrées : Les canalisations d'eau froide seront posées sans fourreau sur un lit de pose damé constitué de sable ou de terre sans pierre ; le remblayage s'effectue de la même manière sur 20 cm, un grillage avertisseur peut être posé au-dessus. Le remblayage final est réalisé par couches successives damées.

Les raccords mécaniques sont autorisés. Dans ce cas, un essai d'étanchéité sera réalisé avant le rebouchage de la tranchée. Les vannes et compteurs doivent être posés dans des regards.

Les canalisations d'eau chaude présentant un calorifuge doivent être protégées des effets de la compression pour maintenir en place l'isolant. On trouve aujourd'hui des canalisations pré-isolées protégées par une gaine extérieure (canalisations en PER ou autre matériaux de synthèse). Des dispositions particulières devront être prises pour tenir compte des phénomènes de dilatation aux points de pénétration dans les bâtiments. Pour plus de détails, voir le chapitre 5 « Réseaux de distribution ».

Ravoirage : Opération consistant à réaliser une mise à niveau à l'aide de sable, de pouzzolane… avec éventuellement du ciment, sur le plancher porteur afin de recouvrir les tuyauteries et de permettre la réalisation du revêtement de sol.

Élément porteur : Élément du gros œuvre (vertical, horizontal…) qui participe à la stabilité du bâtiment. Seul l'encastrement est possible dans les éléments du gros œuvre. La fixation dans les poutrelles, poteaux, murs en béton précontraint est interdite.

Gainage : Enveloppe (continue, non fendue, non solidaire de la tuyauterie) dont le but est de permettre la dilatation de la tuyauterie et de l'isoler par rapport à l'extérieur (humidité, liquide, contact avec d'autres matériaux…).

Fourreau : Tube dans lequel passe une tuyauterie pour traverser un plancher, un mur ou une cloison, dans le but de désolidariser la tuyauterie du gros œuvre ou du remplissage et d'assurer son isolement vis-à-vis de extérieur (humidité, liquide, contact avec d'autres matériaux…). Ils doivent dépasser d'au moins 30 mm de chaque côté.

En cas de risques de condensation ou pour l'isolation acoustique des locaux, l'espace entre le fourreau et la tuyauterie doit être rendu étanche dans sa partie supérieure.

- Si la tuyauterie est placée après la pose du fourreau, les diamètres à respecter sont ceux du tableau 8.1.

Tableau 8.1 – Diamètres des fourreaux : pose *a posteriori*

Diamètre extérieur du tube (mm)	10	12	14	16	20	25	32
Diamètre intérieur du fourreau (mm)	13	15	18	21	26	32	41

- Si la tuyauterie est placée en même temps que le fourreau, les diamètres à respecter sont ceux du tableau 8.2.

Tableau 8.2 – Diamètres des fourreaux : pose simultanée

Diamètre extérieur du tube (mm)	10	12	14	16	20	25	32
Diamètre intérieur du fourreau (mm)	12	14	16	19	23	29	37

- Il est possible de passer plusieurs tubes dans le même fourreau si la température de l'eau est la même. Dans ce cas, le taux de remplissage (section des tubes / section du fourreau) doit être inférieur ou égal à 0,30.
- Lors de la traversée de planchers, l'écart entre deux fourreaux devra permettre l'enrobage du béton d'au moins 5 cm ou du diamètre de la gaine la plus grosse.
- En cas de dalle flottante, il doit être posé avant sa réalisation et le fourreau doit être entouré d'un isolant acoustique.

■ Piquages et assemblages dans le sol et les cloisons

Seuls les piquages situés au droit d'un appareil sanitaire sont autorisés. Ils doivent être indémontables (soudés, collés ou sertis).

Les canalisations ne doivent comporter ni robinetteries ni compensateurs de dilatation.

Dans les cloisons, les robinetteries encastrables sont autorisées.

1.3 Engravement des canalisations dans les cloisons

L'engravement est illustré par la figure 8.1

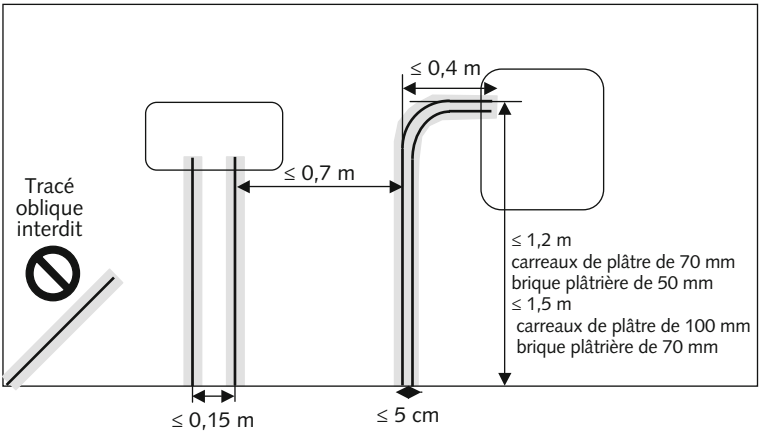


Figure 8.1 – Pose des tuyauteries dans les cloisons en carreaux de plâtre ou en brique plâtrière

■ Cloisons en carreaux de plâtre

Seul l'engravement avec fourreau est autorisé en respectant les conditions suivantes :

- épaisseur du carreau de plâtre supérieur ou égal à 70 mm (l'engravement dans les carreaux de 50 ou 60 est donc interdit) ;
- l'usage du burin est interdit, il faudra utiliser une rainureuse ;
- si plusieurs saignées sont réalisées, elles seront toutes du même côté de la cloison ;
- diamètre extérieur maximal du fourreau : 21 mm ;
- épaisseur minimale de chaque côté de la gaine : 15 mm ;
- enrobage à l'aide colle à carreaux ou d'un mélange 50-50 colle + plâtre fin après nettoyage et humidification de la saignée ;
- espace minimal entre deux canalisations d'appareils différents : 700 mm ;
- espace minimal entre deux canalisations d'un même appareil :
  - 150 mm au moins dans 2 saignées différentes,
  - dans la même saignée (largeur maximale 50 mm) ;

- le tracé oblique est interdit ;
- le tracé horizontal d'une même saignée est limité à 40 cm ;
- le tracé vertical d'une même saignée est limité à :
  - 1,2 m pour les carreaux d'épaisseur 70 mm,
  - 1,5 m pour les carreaux d'épaisseur 100 mm.

■ Cloisons en briques plâtrières

Seul l'engravement avec fourreau est autorisé en respectant les conditions suivantes :

- épaisseur de la brique supérieure ou égale à 50 mm (l'engravement dans les briques de 35 mm est donc interdit) ;
- l'usage du burin est toléré, il est conseillé d'utiliser une rainureuse ;
- si plusieurs saignées sont réalisées, elles seront toutes du même côté de la cloison ;
- diamètre extérieur maximal du fourreau : 24 mm ;
- épaisseur minimale de chaque côté de la gaine : 15 mm ;
- enrobage à l'aide de plâtre serré (40 kg de plâtre pour 20 l d'eau) ;
- espace minimal entre deux canalisations d'appareils différents : 700 mm ;
- espace minimal entre deux canalisations d'un même appareil :
  - 150 mm au moins dans 2 saignées différentes,
  - dans la même saignée (largeur maximale 50 mm) ;
- le tracé oblique est interdit ;
- le tracé horizontal d'une même saignée est limité à 40 cm ;
- le tracé vertical d'une même saignée est limité à :
  - 1,2 m pour les carreaux d'épaisseur 50 mm,
  - 1,5 m pour les carreaux d'épaisseur 70 mm.

■ Cloisons en plaques de plâtre

Plaques posées sur support alvéolé cartonné ou sur ossature. Les canalisations sont considérées comme non accessibles, les accessoires, raccords mécaniques, robinets… doivent rester accessibles (trappes démontables…).

1.4 Fixations et scellements

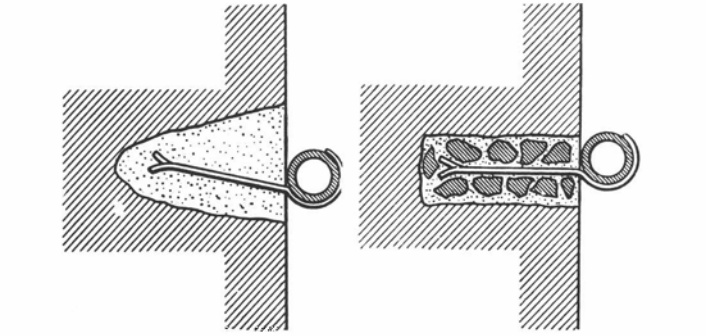
L'écartement entre deux supports est défini pour chaque type de tuyauterie (cuivre, acier, PVC…) et pour chaque usage (eau sous pression, évacuation…).

Les règles générales sont les suivantes.

■ Scellements traditionnels

Même si les scellements traditionnels sont de plus en plus rares, en voici les règles principales.

Le trou de scellement doit permettre la mise en place facile du collier dans sa position définitive et le remplissage complet du trou avec les matériaux de scellement. La section du trou doit être régulière sur toute sa profondeur (figure 8.2).



Mal fait. Trou plus large à l'orifice qu'au fond. Trou bourré avec un simple liant sans interposition de fragments durs (débris de briques, pierrailles, etc.). Organe de fixation mal placé dans le scellement.

Bien fait. Trou de même largeur à l'orifice qu'au fond. Trou bourré avec des fragments durs (débris de briques, de pierraille, etc.). comprimant le liant et aidant à sa prise. Organe de fixation bien placé dans le trou de scellement.

Figure 8.2 – Scellements

Les scellements sont réalisés au plâtre :
- dans les cloisons en carreaux de plâtre ;
- dans les murs intérieurs en briques ou en pierre.

Ils sont réalisés au ciment à prise rapide (ciment prompt) :
- dans les maçonneries en ciment ;
- sur les murs extérieurs ou dans les locaux humides.

Il faudra s'assurer lors d'un scellement que l'ensemble du trou réalisé est propre (dépoussiéré) et qu'il est correctement rebouché.

■ Scellements chimiques

Pour gagner du temps et limiter le temps de séchage, on réalise aujourd'hui des scellements chimiques (figure 8.3) avec des résines époxy à prise rapide qui nécessitent simplement le percement d'un trou au diamètre calibré en fonction de la fixation. Pour les cloisons creuses, on utilise une « chaussette » qui permet de contenir la résine.

Figure 8.3 – Scellements chimiques

La pièce à fixer est introduite dans le trou dépoussiéré et rempli de résine, elle est calée jusqu'à la prise définitive de la résine.

Le temps de séchage est très bref (quelques minutes à une heure en fonction de la température). La résistance de ces fixations est très importante.

Attention toutefois : il existe différentes qualités de résines qui ont des résistances à la charge et des temps de prise différents.

■ Fixations

La fixation à l'aide de chevilles adaptées permet dans la plupart des cas de fixer les tuyauteries correctement.

Le percement doit être d'une profondeur légèrement supérieure à la longueur de la cheville ; la cheville doit être d'une longueur supérieure de 5 à 10 mm à celle de la vis qu'elle doit recevoir.

Il existe de nombreuses marques et de nombreux types de chevilles ; il faudra choisir en fonction des supports (parois pleines, cloisons creuses, plaques de plâtre…).

- Le choix d'une cheville s'effectue en fonction de l'effort à l'arrachement et au sectionnement, ces caractéristiques sont précisées par le fabricant en fonction du type de cloison (figure 8.4). Elle s'écarte lors du vissage du tire-fond, ce qui permet son blocage dans le mur.

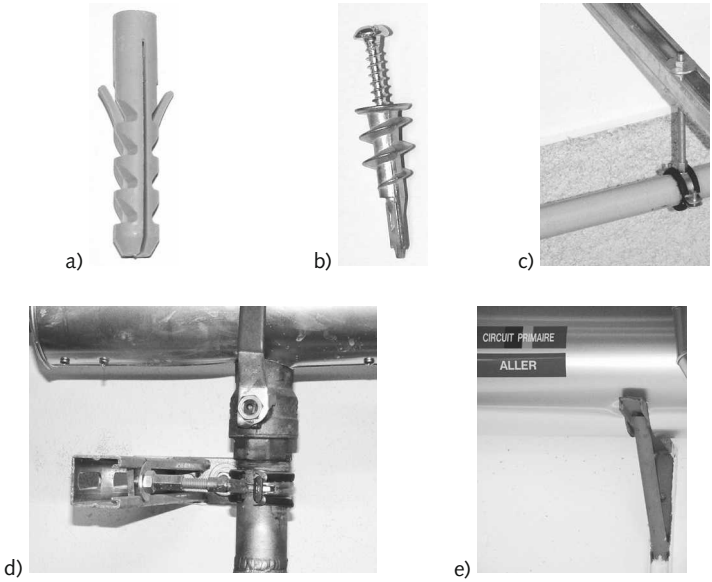


Figure 8.4 – Fixations : a) Cheville plastique ; b) Fixation pour plaque de plâtre, charge légère ; c) Support de tuyauterie avec collier isophonique ; d) Support de tuyauterie verticale – point fixe ; e) Support pour tuyauteries lourdes

Le choix des étriers ou des colliers et l'écartement des supports dépendent du type de tuyauterie et du type de pose. Voici les règles générales pour tuyauteries courantes.

☐ **Tuyauterie acier**

Pour les tuyauteries en acier galvanisé, les supports doivent être en acier galvanisé ou en plastique. L'utilisation de colliers en alliages de cuivre n'est pas autorisée.

Pour les tuyauteries en acier inoxydable, les supports peuvent être en acier inoxydable, en plastique, en alliages de cuivre ou en acier protégé contre la corrosion.

L'écartement maximum entre fixations est donné dans le tableau 8.3.

Tableau 8.3 – Écartement maximum entre deux fixations pour les tuyauteries en acier inoxydable ou en acier galvanisé

Écartement (m)	Diamètre nominal (mm)			
	10	12 à 15	20 à 25	32 à 100
Pose horizontale	1,0	1,2	1,8	2,5
Pose verticale	1,5	1,8	2,5	2,5

☐ **Tuyauteries en tubes plastiques**

En dehors des points fixes, la tuyauterie doit pouvoir coulisser dans les fixations (étriers ou colliers).

Les fixations seront en métal ou en plastique et l'écartement maximum entre fixations est donné dans le tableau 8.4.

Tableau 8.4 – Écartement maximum entre deux fixations pour les tuyauteries en plastique

Écartement (m)	Diamètre extérieur (mm)		
	$Ø \leq 25$	$25 < Ø \leq 40$	$40 < Ø \leq 110$
Pose horizontale	0,5	0,8	1,0
Pose verticale	1,0	1,3	1,3

La pose en fourreau rigide, en goulotte ou en chemin de câble est possible selon les conditions suivantes :

- Dans tous les cas, l'écartement maximum sera de 1,5 m.
- Lors de la dilatation, les déplacements verticaux devront être évités par l'utilisation de barrettes de maintien tous les mètres.
- Les chemins de câble devront avoir une largeur égale à 1,4 fois la somme des diamètres des tubes.

Dans le cas de pose en goulotte, l'écartement des colliers ou des étriers est défini dans le tableau 8.5.

Tableau 8.5 – Écartement maximum entre deux fixations pour les tuyauteries en plastique dans le cas de pose en goulotte

Diamètre extérieur (mm)	$\varnothing \leq 25$	$25 < \varnothing \leq 40$	$40 < \varnothing \leq 110$
Écartement (m)	0,5	0,8	1,0

☐ Tuyauterie cuivre

Pour les tuyauteries en cuivre, les supports peuvent être en acier inoxydable, en plastique, en alliages de cuivre ou en acier protégé contre la corrosion.

L'écartement maximum entre fixations est donné dans le tableau 8.6.

Tableau 8.6 – Écartement maximum entre deux fixations pour les tuyauteries en cuivre

Diamètre extérieur (mm)	$\varnothing \leq 22$	$22 < \varnothing \leq 42$	≥ 54
Écartement (m)	1,25	1,80	2,50

☐ Tuyauteries calorifugées

Le support doit être suffisamment écarté afin de laisser la place pour l'isolant.

Les tuyauteries devront être à au moins 15 cm du sol.

Dans la pratique

Les règles de pose et de fixation des tuyauteries restent des règles de bon sens lorsque l'on maîtrise les notions de base de la construction et la connaissance des matériaux. Les normes et DTU fixent les garde-fous.

2 Tuyauteries en plomb

Les circulaires de la Direction générale de la Santé, les guides de bonnes pratique et les recommandations rendent l'usage des tuyauteries en plomb problématique. L'eau délivrée au point de puisage doit être de bonne qualité (elle ne doit pas contenir de plomb). Durant la période de non-soutirage de l'eau (la nuit), le plomb se dissout dans l'eau, l'eau qui s'écoule à l'ouverture du robinet le matin est considéré comme non potable (la concentration en plomb est trop importante).

Pour ces raisons :

- le plomb est interdit sur les installations neuves ;
- le plomb est interdit pour les canalisations d'eau chaude.

Interdites d'usage sur les tuyauteries d'eau potable en installation neuves, on en trouvera encore dans les installations existantes d'eau froide, elles résistent généralement à des pressions pouvant aller de 1 à 8 bar selon l'épaisseur.

En rénovation, on préférera remplacer la totalité des tuyauteries en plomb plutôt que d'effectuer une réparation. En effet, interposer une tuyauterie en cuivre entre deux tuyauteries en plomb pour effectuer une réparation revient à constituer une pile galvanique qui provoquera la détérioration de la partie de tuyauterie en plomb conservée située en aval de la réparation.

Pour les réparations ponctuelles, on effectuera des soudures à l'étain (se reporter au chapitre 2), en faisant attention d'éviter les surchauffes (le vieux plomb se désagrège très rapidement en cas de forte chaleur). Le raccordement plomb-cuivre s'effectue (après étamage du cuivre à l'étain) par soudure sur des tubes en cuivre emboîtés dans la tuyauterie en plomb.

Il existe des raccords mécaniques qui permettent de reprendre une tuyauterie en plomb par compression et de repartir sur un raccord fileté.

3 Tuyauteries en cuivre

Les tubes sont conformes à la norme NF EN 1057 d'avril 2010 : Tubes ronds sans soudure en cuivre pour l'eau et le gaz dans les applications sanitaires et de chauffage, ils sont lisses sans défauts.

Les tubes et raccords sont définis par le NF DTU 60.5.

Attention

Toute trace de limage est une cause de refus.

3.1 Dimensions

On les trouve :

- en barres :
  - tubes dur (écroui), état métallurgique R 290,
  - tubes demi-dur, état métallurgique R 250 marquage l–l–l ;
- en couronnes :
  - tube recuit, état métallurgique R 220.

Ils sont livrés en couronnes de 25 ou 50 m, ou en tubes droits de 3 ou 5 m, dans les DN 6 à 54 en recuit, DN 6 à 159 en demi-dur et DN 6 à 267 mm en écroui, en 12 épaisseurs de 0,5 à 3 mm selon les diamètres, nu, gainé ou isolé.

Le tube doit comporter un marquage indélébile reprenant les caractéristiques suivantes dans l'ordre : Marque NF – Marque du fabricant – Code de l'usine (2 chiffres) – Code du pays d'origine (FR) – Diamètre extérieur × épaisseur (en millimètre) – EN 1057 – Indice de classement de la norme – États métallurgique – Date de fabrication (année, trimestre) – Marque commerciale.

Tableau 8.7 – Caractéristiques des tuyauteries en cuivre selon NF EN 1057

Diamètre extérieur	Épaisseur (mm) Principales dimensions européennes recommandées	Volume intérieur (l/m)	Section de passage (mm^2)	Surface extérieure (m^2/m)	Poids (kg/m)
6	0,6 - 0,8 - **1**	Valeurs pour une épaisseur de 1 mm			
		0,0126	13	0,0188	0,140
8	0,6 - 0,8 - **1**	0,0283	28	0,0251	0,196
10	0,6 - 0,8 - **1**	0,0503	50	0,0314	0,252
12	0,6 - 0,8 - **1**	0,0785	79	0,0377	0,308
14	0,8 - **1**	0,1131	113	0,0440	0,363
15	0,8 - **1**	0,1327	133	0,0471	0,391
16	**1**	0,1539	154	0,0503	0,419
18	0,8 - **1**	0,2011	201	0,0565	0,475
22	**1** - 1,2 - 1,5	0,3142	314	0,0691	0,587
28	**1** - 1,2 - 1,5	0,5309	531	0,0880	0,755
35	**1** - 1,2 - 1,5	Valeurs pour une épaisseur de 1,5 mm			
		0,8042	804	0,1100	1,405
42	**1** - 1,2 - 1,5	1,1946	1 195	0,1319	1,699
54	1,2 - 1,5 - **2**	2,0428	2 043	0,1696	2,202
64	**2**	Valeurs pour une épaisseur de 2 mm			
		2,8274	2 827	0,2011	3,467
66,7	1,2 - 2	3,0876	3 088	0,2095	3,618
76,1	1,5 - 2	4,0828	4 083	0,2391	4,144
88,9	2	5,6612	5 661	0,2793	4,859
108	1,5 – 2	8,4949	8 495	0,3393	5,928
133	1,5 - 3	Valeurs pour une épaisseur de 3 mm			
		12,6677	12668	0,4178	10,904
159	2 - 3	18,3854	18385	0,4995	13,085
219	3	35,6328	35633	0,6880	18,118
267	3	53,5022	53502	0,8388	22,145

On trouvera encore des tuyauteries et raccords pour les diamètres 20 × 1 qui ne se posent plus en installations neuves et 32 × 1 ou 40 × 1 qui s'utilisent encore pour les évacuations.
En **gras** les séries courantes en France.

On pourra trouver d'autres dimensions qui ont été utilisées : 3 × 5, 40 × 44… En cas de doute, il faut mesurer le diamètre du tube au pied à coulisse.

Les parties des tubes devant être façonnées devront être recuites (collet battu, emboîture…), le recuit d'un tube s'obtient en le chauffant jusqu'à obtenir une couleur « rouge sombre ».

Attention

Un chauffage trop long ou trop important (couleur rouge vif) risque de rendre le cuivre cassant ou poreux d'une manière irréversible.

☐ **Tube cuivre pré-gainé : couronne de 25 m**

Tube cuivre NF (NF EN 13349) recuit, d'épaisseur 1 mm, revêtu d'une gaine en PVC. Il permet :

- une protection mécanique (transport, stockage, installation…) ;
- une protection chimique (produits de nettoyage…) ;
- un amortissement des bruits et vibrations ;
- la suppression de la condensation sur les tuyauteries apparentes.

Il peut être encastré sans fourreau pour les fluides dont la température ne dépasse pas 60 °C.

☐ **Tube cuivre pré-isolé : 10 à 22 mm**

Tube cuivre NF recuit d'épaisseur 1 mm, recouvert d'une gaine isolante en mousse de polyéthylène revêtue d'un film extérieur qui sert de pare vapeur.

« Il permet d'économiser jusqu'à 5 % par an sur la facture de gaz ou de fioul, soit une économie d'un litre d'eau chaude par puisage et par personne. La gaine isolante limite la chute de température entre deux puisages : après 20 minutes, la température d'un tube nu est d'environ 20 °C, celle d'un tube pré-isolé de 39 °C » (Source : *la lettre du cuivre* n°77).

Un avis technique du CSTB précise :

- que la mousse isolante fait office de fourreau ;
- qu'il peut être encastré en dalle ou en chape sans gainage supplémentaire, même pour des températures supérieures à 60 °C.

☐ **Tube pré-calorifugé**

Tube en cuivre pour le chauffage ou la climatisation à eau (ventilo-convecteurs, planchers chauffants rafraîchissants… :

- passage en dalle des canalisations d'eau glacée ;
- isolation continue.

3.2 Outillage

On utilisera des outils adaptés aux tubes.

Coupe des tubes :

- **scie à métaux** ou disqueuse pour les gros diamètres, en respectant un trait de coupe perpendiculaire à l'axe de la tuyauterie et en éliminant les copeaux en fin de coupe ;
- **coupe-tubes à molette**, il en existe plusieurs tailles.

Ébavureur (souvent intégré au coupe-tubes – figure 8.5) : il permet d'enlever la « bavure » laissée par la coupe (métal poussé vers l'intérieur lors de la coupe).

Figure 8.5 – Coupe-tubes Virax avec ébavureur

Pince multiprise : elle permet de tenir les tubes lors du chauffage des tubes, il faut prendre la précaution de ne pas trop serrer pour ne pas écraser le tube.

Matrice à collet battu : elle permet de réaliser les collets battus sur les tubes pour le raccordement avec un écrou sur une pièce filetée en laiton. On prendra soin de ne pas trop écraser le collet pour ne pas le fragiliser. L'étanchéité se fait par compression d'un joint entre deux surfaces plates. Il existe des raccords à joint toriques qui assurent la même fonction (étanchéité et démontage), l'écrou est maintenu en place par des picots réalisés sur le tube à l'aide d'une pince spéciale (la même que pour les picots de positionnement des piquages).

Pince à emboîter : elle permet après recuit de réaliser des emboîtures jusqu'au diamètre 40 pour raccorder deux tubes par brasure capillaire. Pour les diamètres importants, on tournera la pince une ou deux fois pour éviter l'aspect parfois « hexagonal » de l'emboîture nuisible à la qualité de la soudure (les brasures ont une tolérance sur la profondeur de l'espace à combler entre les deux tubes).

Outils à piquage : ils permettent, après le percement d'un trou calibré, de réaliser un piquage sur une tuyauterie d'un diamètre supérieur. Le recouvrement doit être d'au moins 2 mm.

3.3 Cintrage des tubes en cuivre

Le façonnage d'un tube dépendra de son état (recuit, demi-dur, écroui). On pourra réaliser une collerette, un cintrage sur les tubes recuits de diamètres 6 à 18, un cintrage uniquement sur les tubes demi-durs. Dans les autres cas, il faudra recuire le tube avant façonnage.

On utilisera des pinces à cintrer (cintrettes), des cintreuses arbalètes (figure 8.6), ou des cintreuses d'établi.

Figure 8.6 – Cintreuses

Il est toujours possible d'utiliser pour les pièces particulières :

- le **cintrage au ressort** : on introduit le tube recuit à l'intérieur d'un ressort pour conserver sa section ronde lors du cintrage (figure 8.7) ;
- le **cintrage au sable** : on pince une extrémité du tube, on remplit le tube de sable très fin et sec, en le tassant régulièrement en donnant de petits coups avec le manche du marteau, on ferme la deuxième extrémité pour que le sable reste tassé, puis on réalise le cintrage. On laisse refroidir lentement puis on vide le sable et on rince l'intérieur de la tuyauterie.

Figure 8.7 – Ressort de cintrage

Dans ces deux cas, on respectera les rayons de cintrage minimums du tableau 8.8.

Tableau 8.8 – Rayons de cintrage minimums en fonction du diamètre et du mode de cintrage

Tube recuit ou en couronne (DN en mm)	Rayon de cintrage à la fibre neutre (mm)	Outils utilisés
6	30	Pince à cintrer Cintreuse d'établi (pour les tubes demi-durs)
8	35	
10	40	
12	45	
14	50	
15	55	
16	60	
18	70	
≥ 22	80	Cintreuse d'établi Recuit préalable
La fibre neutre est la partie de la surface qui correspond à l'axe du tube.		

3.4 Assemblage par soudage

On peut assembler les tuyauteries en cuivre et leurs raccords à souder en réalisant :

- une brasure tendre (à l'étain) ;
- une brasure forte (cuivre- phosphore) ;
- une soudobrasure pour les diamètres importants.

Pendant une brasure, le métal en fusion devient liquide, il remplit l'espace laissé entre les deux tubes par capillarité (figure 8.8).

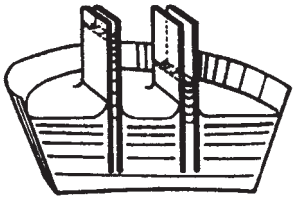


Figure 8.8 – Mise en évidence du principe de capillarité au moyen de plaques de verre et d'eau colorée

On respectera quelques précautions :

- lors de la brasure entre le cuivre et les raccords en laiton ou en bronze, il faut toujours utiliser un décapant approprié et éviter la surchauffe qui endommagerait le raccord ;
- à la fin d'une brasure, il faut nettoyer l'excédent de décapant pour éviter que le raccord ne s'oxyde ;
- les brasures tendres sont toujours réalisées à l'aide d'un décapant, on ne les refroidit jamais sous l'eau.

Dans tous les cas, on s'assurera de l'attestation de conformité sanitaire de la brasure utilisée (compatibilité avec l'eau potable).

On se reportera pour plus de détails sur le matériel et les règles de soudage au chapitre 2 Outillage).

On trouvera de nombreux raccords à souder : souches mâle ou femelle en laiton ou en bronze, raccords 2 pièces (cuivre avec collet et écrou), raccords 3 pièces (union en laiton)…

3.5 Assemblage par raccords

Il existe de nombreux raccords pour les tuyauteries en cuivre :

- **raccords par collet battu :** fabriqués sur place ou en usine, le collet permet l'étanchéité par compression d'un joint sur une surface plate (collet ou raccords filetés en laiton ou en plastique) ;
- **raccords à compression :** un joint, une bague en plastique ou métallique conique (raccord bicône) est comprimé par un écrou autour du tube en cuivre ; la compression vient écraser la pièce d'étanchéité sur le tube et le maintient en position pour éviter son déboîtement ;
- **joints américains** (appelés aussi joints Gripp) : un joint caoutchouc et une bague de blocage métallique sont placés dans un écrou ; lors du serrage sur les raccords filetés en laiton, le joint est comprimé et assure l'étanchéité, la bague de blocage maintient le tube en position. Il faut respecter le sens de montage de la bague et le couple de serrage du raccord ;
- **raccords à joint torique :** un joint torique calibré assure l'étanchéité entre deux tuyauteries, le blocage est assuré par une pièce mécanique ;
- **raccords par sertissage :** les raccords sont munis d'un joint torique intégré, l'étanchéité se fait par le sertissage à l'aide d'une pince manuelle ou électrique qui vient comprimer le joint sur la tuyauterie et assurer son blocage.

Quel que soit le type de raccord, il faut s'assurer de sa compatibilité avec le type de fluide transporté et la nature du tube en cuivre (écroui, demi-dur, recuit). En effet, si l'on utilise des bagues d'étanchéité métalliques sur un tube recuit, il aura tendance à s'écraser ce qui va nuire à l'étanchéité du raccord.

Pour les raccords à compression, il faut s'assurer de la bonne tenue mécanique du raccord, notamment lors de la présence de flexibles. En cas de coup de bélier, la surpression pourrait provoquer le déboîtement du raccord.

3.6 Mode de pose

Les tuyauteries en cuivre peuvent être enrobées ou encastrées avec fourreau, ou sans fourreaux s'il s'agit de tuyauterie gainée selon la norme NF EN 13349. Dans tous les cas, il est souhaitable de poser les tubes sous gaine pour les protéger mécaniquement et chimiquement (gaine NF EN 1057).

Les saignées devront être correctement rebouchées pour éviter la vibration du tube.

☐ **Pose en apparent**

On utilisera des tubes écroui ou demi-dur pour des question d'esthétique. Les fixations doivent être compatibles avec la nature de la paroi, les percements dans les poutrelles précontraintes sont interdits.

Les supports peuvent être en acier inoxydable, en plastique, en alliages de cuivre ou en acier protégé contre la corrosion.

Tableau 8.9 – Distance entre deux colliers pour une tuyauterie en cuivre sous pression

Diamètre extérieur (mm)	≤ 22	25 à 42	≥ 54
Distance entre deux colliers (m)	1,25	1,80	2,50

En cas de pose inaccessible ou en gaine verticale accessible, l'écartement des supports est au maximum de 2,5 m (pour tous les diamètres).

3.7 Assemblage avec des tuyauteries de natures différentes

Assemblage des tuyauteries en cuivre sur les installations de chauffage :

- pas d'acier galvanisé ;
- pas de contact direct entre deux tubes fabriqués en métaux différents.

Les raccords d'assemblage doivent être conformes aux indications suivantes :

- **Assemblage cuivre-acier noir :**
  - pas de brasage ou de soudobrasage,
  - assemblage par raccord laiton ou bronze, à visser, à brides ou raccord mécanique mixte.
- **Assemblage cuivre- inox :**
  - pas de brasage ou de soudobrasage,
  - assemblage par raccord laiton, bronze ou inox, à visser, à compression, à sertir ou raccord mécanique mixte.
- **Assemblage cuivre-aluminium :**
  - pas de brasage ou de soudobrasage,
  - pas de contact direct entre cuivre ou alliage de cuivre et aluminium ou alliage d'aluminium,
  - assemblage par raccord isolant en fonte ou en acier.

Pour séparer les tubes électriquement, on utilisera un raccord diélectrique (figure 8.9).

Figure 8.9 – Raccord diélectrique

4 Tuyauteries en acier noir

Remarques

L'usage des tuyauteries en acier non traitées contre la corrosion est interdit dans les installations sanitaires.
Les tuyauteries en acier noir ne sont utilisées que pour les installations de chauffage ou de climatisation à eau glacée.

De nombreuses normes concernant les tubes acier sont en cours de révision.

La désignation symbolique du tube se définit de la manière suivante :

- P pour service sous pression ;
- limite d'élasticité en MPa ;
- Marquage TR1 ou TR2 en fonction de la présence d'aluminium.

Exemple

P195TR1 – P235TR2 – P265TR2

4.1 Types de tubes

Il existe différentes sortes de tubes en acier.

■ Tubes filetables dits « tubes gaz »

□ Tubes sans soudure filetables finis à chaud

Norme NF EN 10255 +A1 juillet 2007 : Tubes en acier non alliés soudables et filetables (tableau 8.10). Les tubes EN 10255 – S P 195 T correspondent à l'ancien tarif 3.

Tableau 8.10 – Tubes sans soudure filetables finis à chaud : NF EN 10255

Diamètre nominal DN (mm)	Diamètre extérieur (mm)	Épaisseur (mm)		Dénomination des filetages (pouces)	Pas du filetage	Longueur utile du filetage (mm)	Longueur totale du filetage (mm)
		Série moyenne M	Série forte H				
6	10,2	2,0	2,6	1/8			
8	13,5	2,3	2,9	1/4	1,337	9,7	13,0
10	17,2			3/8		10,1	13,4
15	21,3	2,6	3,2	1/2	1,814	13,2	17,7
20	26,9			3/4		14,5	19,0
25	33,7	3,2	4,0	1	2,309	16,8	22,5
32	42,4			1 ¼		19,1	24,8
40	48,3			1 ½		19,1	24,8
50	60,3	3,6	4,5	2		23,4	29,1
65	76,1			2 ½		26,7	33,6
80	88,9	4,0	5,0	3		29,8	36,7
100	114,3	4,5	5,4	4		35,8	42,7
125	139,7	5,0		5		40,1	47
150	165,1			6		40,1	47
	On pourra trouver sur d'anciennes installations les diamètres suivants						
60	70	3,6	-	2 ¼	2,309	26,7	33,6
90	101,6	4,0	4,9	3 ½		31,4	38,3

Les tubes sans soudure sont repérés par la lettre S, ils sont généralement livrés en longueur de 6 ou 6,4 m. La température d'emploi est comprise entre – 10 °C et +110 °C.

Ils peuvent être livrés avec des extrémités lisses, ou filetés au pas gaz aux deux extrémités, avec ou sans manchon, un manchon de protection en plastique peut être posé pour éviter les pénétrations de corps étrangers ; dans tous les cas le filetage devra être protégé contre la rouille.

La pression nominale est de 16 bar pour les tubes filetés et de 25 bar pour les tubes lisses. Ils sont fabriqués à chaud ou par étirage à froid puis recuits. Ils sont marqués au moins tous les 1,5 m : nom du fabricant – 115.

□ Tubes soudés filetables finis à chaud

Norme NF EN 10255 +A1 juillet 2007 : Tubes en acier non alliés soudables et filetables. Elle concerne les tubes en contact avec l'eau non destinée à la consommation humaine (chauffage, gaz, mazout, climatisation…).

Les tubes EN 10255 – W-ST195T correspondent à l'ancien tarif T1 et T2.

Les tubes soudés sont repérés par la lettre W.

Les tubes sont marqués au moins tous les 1,5 m de la marque du fabricant – Symbole pour indiquer la série (M série moyenne – couleur bleu ; H série forte – (couleur rouge) – Désignation symbolique – Processus de fabrication (S sans soudure ; W soudé) – Référence à la norme (EN 10255).

Les tubes présentant une épaisseur différente des séries H ou M sont marquées L (couleur : vert), L1 (couleur : blanc) ou L2 (couleur : brun).

On les trouve dans les dimensions : 10,2 ; 13,5 ; 17,2 ; 21,3 ; 26,9 ; 33,7 ; 42,4 ; 48,3 ; 60,3 ; 76,1 ; 88,9 ; 114,3 ; 139,7 ; 165,1 (tableau 8.10).

Les extrémités de ces tubes peuvent être filetées ou lisses.

■ Tubes à extrémités lisses

- Les extrémités de ces tubes ne peuvent être filetées que si leur épaisseur est au moins égale à celle des tubes de la série légère (NF EN 10255) de même diamètre extérieur.

□ Tubes sans soudure à extrémités lisses

- Les tubes sans soudure à extrémités lisses du commerce pour usages généraux à moyenne pression (NF A 49-111) et les tubes sans soudure à extrémités lisses laminés à chaud avec conditions particulières de livraison, (NF A 49-112), sont remplacés par la norme NF EN 10216-1 d'avril 2014 : Tubes sans soudure en acier pour service sous pression.

- Ils sont formés à chaud.
- Les tubes EN 10216 – 1 P 235 TR1 correspondent à l'ancien tarif 10.
- On les trouve dans les dimensions : 10,2 ; 13,5 ; 17,2 ; 21,3 : 26,9 ; 33,7 ; 42,4 ; 48,3 ; 60,3 ; 6,1 ; 8,9 ; 14,3 ; 39,7 ainsi que dans les dimensions du tableau 8.11.

Tableau 8.11 – Dimensions complémentaires des tubes sans soudure : NF EN 10216

Diamètre nominal DN (mm)	Diamètre extérieur De (mm)	Dimensions en pouces
150	168,3	6
200	219,3	8
250	273	10
300	323,9	12
350	355,6	14
400	406,4	16
450	457	18
500	508	20
600	610	24
700	711	26

- Ils sont marqués au moins tous les 1,5 m : Nom du fabricant (W) – Norme EN 10216 – Désignation symbolique – Numéro de coulée (X) – Marque de l'inspecteur (Y).

Exemple

W – 76,1 × 3,6 – EN 10216-1 – P235TR1 – X – Y

☐ **Tubes soudés à extrémités lisses**

Tubes soudés à extrémités lisses du commerce pour usages généraux à moyenne pression. Diamètres extérieurs compris entre 26,9 et 168,3 mm, pression maximale : 36 bar à température ambiante, températures d'emploi comprises entre –10 °C et +200 °C.

Ils sont marqués au moins tous les 1,5 m : Nom du fabricant – 141.

Ils sont fabriqués par rapprochement à chaud ou par soudage électrique par résistance.

☐ **Tubes soudés à extrémités lisses avec conditions particulières de livraison**

Les tubes soudés à extrémités lisses avec conditions particulières de livraison ; la NF A 49-142 est remplacée par la norme NF EN 10217-1 – Tubes soudés en acier pour service sous pression.

Les tubes EN 10217-1 P235 TR1 correspondent à l'ancien tarif 19.

Ils sont soudés électriquement, livrés en longueurs de 6 ou 12 m.

On les trouve dans les dimensions identiques à ceux de la norme NF EN 10216 -1 augmentée des dimensions suivantes : 813 ; 914 ; 1016 ; 1067 ; 1118 ; 1219 ; 1422 ; 1626 ; 1829 ; 2032 ; 2355 ; 2540.

Il existe de nombreuses variantes (températures élevées, basses températures, acier inox…) définies dans les normes NF EN 10216 et 10217 parties 1 à 7. Il conviendra de les consulter en cas de besoins spécifiques.

Exemple

Tubes acier sans soudure pour service sous pression à température élevée (< 450 °C), en longueur de 6 ou 12 m.

Les tubes EN 10216 P 265 GH TC1 correspondent à l'ancien TUE 250 B.

4.2 Outillage

On utilisera des outils adaptés aux tubes.

Pour couper les tubes :

- scie à métaux ou disqueuse pour les gros diamètres en respectant un trait de coupe perpendiculaire à l'axe de la tuyauterie et en éliminant les copeaux en fin de coupe ;
- coupe-tubes à deux rouleaux et une molette (figure 8.10a) ;
- coupe-tubes à trois molettes (figure 8.10b) ;
- coupe-tubes à molettes à chaîne (figure 8.10c).
- clefs Stilson, clef Tubax, clef à chaîne qui permettent de serrer les tubes sans les écraser (figures 8.11a et b) ;
- alésoir pour redresser le métal refoulé à l'intérieur en utilisant un coupe-tubes (figure 8.11c) ;
- étau de serrage pour bloquer les tubes sans les écraser (figure 8.11d) ;
- coussinets pour le filetage des petits diamètres (figures 8.11e et f) ;

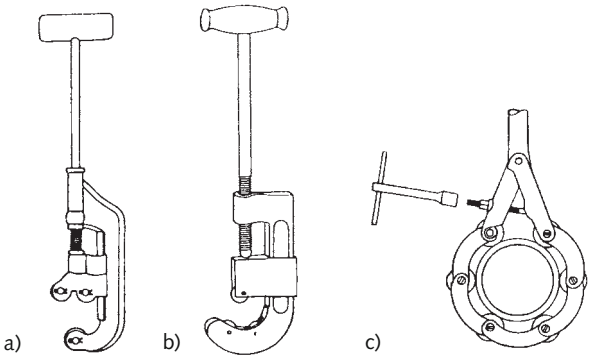


Figure 8.10 – Coupe-tubes : a) à deux roulettes et une molette ; b) à trois molettes ; c) à molettes et à chaîne

Pour façonner les tubes :

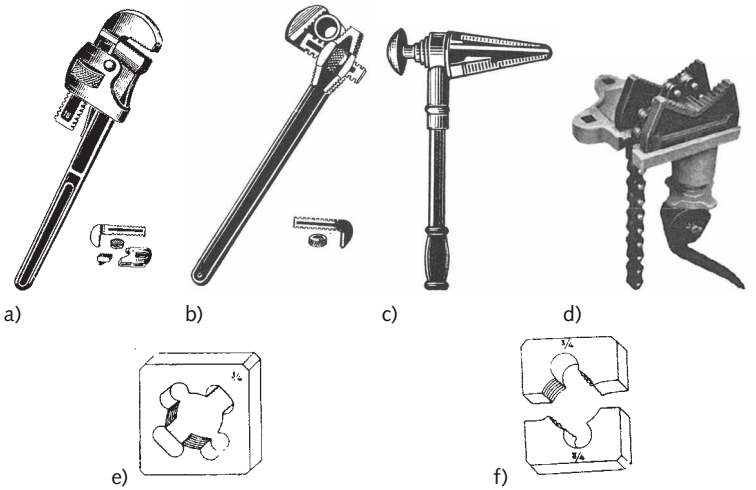


Figure 8.11 – Façonnage des tubes : a) clef Stilson ; b) clef Tubax ou à bec ; c) fraise et alésoir ; d) étau à serrage rapide ; e) coussinet en une pièce ; f) coussinet en deux pièces

- filières manuelles ou électriques pour tous les diamètres (figure 8.12). Un homme seul peut fileter des tubes à la main jusqu'au ¾ ou 1'', au-dessus il faut être deux, au-dessus de 2'', cela devient très difficile, on utilisera des filières électriques. Pendant la réalisation du filetage, on prendra soins d'huiler régulièrement les filets pour éviter l'échauffement et la rupture des filets du tube et des peignes de la filière ;

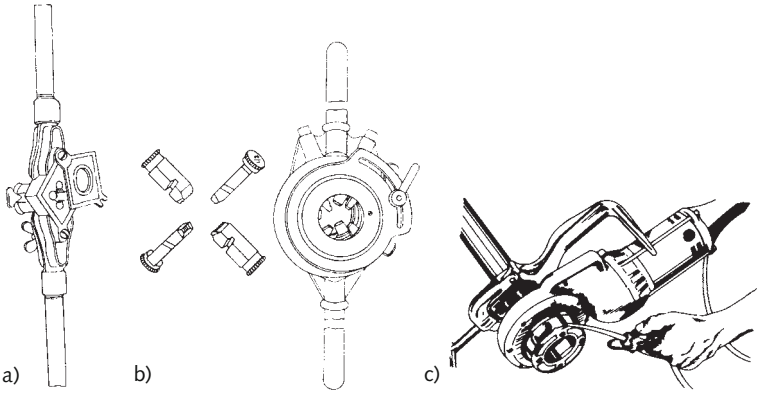


Figure 8.12 – a) Filière à coussinet fixe ou à lunettes ;
b) filière réglable et jeux de peigne ;
c) entraîneuse à inversion droite-gauche (filetage jusqu'à 2'',
avec démultiplicateur jusqu'à 4'' et 6'' ; Emerson)

- scies à trou ou scie cloche, elles permettront de réaliser les percements pour les piquages, on préférera réaliser les percements à l'aide d'un foret ou d'une scie à trou plutôt que d'utiliser un chalumeau oxycoupeur (figure 8.13).

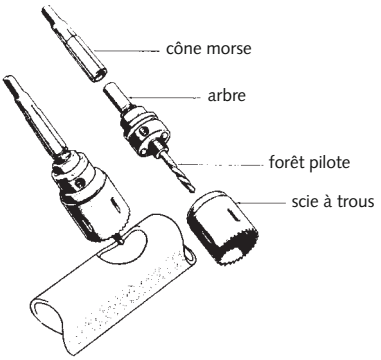
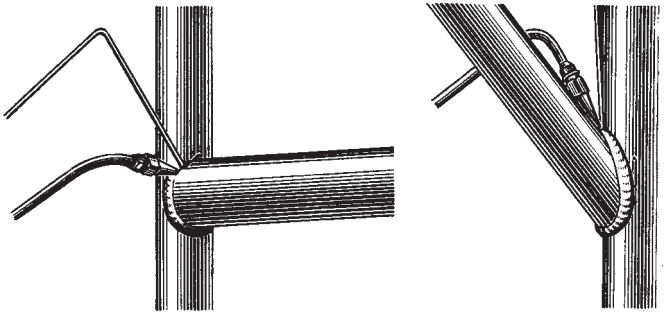


Figure 8.13 – Scie à trou

- chalumeaux oxyacétyléniques : ils permettront de réaliser les soudures autogènes (avec ou sans métal d'apport) sur les tuyauteries en acier noir et les soudobrasures sur les tuyauteries en acier galvanisé (figure 8.14).



1re phase : Sondage sur le devant du tube, départ sur la génratrice basse du tube et soudure d'une seule passe jusqu'à la génératrice haute.

2e phase : Fermeture du cordon de soudure à la partie haute du raccordement.

Figure 8.14 – Soudure au chalumeau oxyacétylénique

Dans la pratique

Il faudra pointer les tuyauteries avant de réaliser le cordon de soudure pour éviter qu'elle ne bouge (4 points de soudure en croix).

4.3 Cintrage des tubes

Les tubes ayant des dimensions comprises entre 3/8 et 2'' pourront être cintrés à 90° en respectant les rayons de cintrage du tableau 8.12). Le cintrage peut s'effectuer à froid ou à chaud (à l'aide d'un chalumeau).

Tableau 8.12 – Rayon de cintrage au fond de la gorge de la forme (mandrin)

Dimensions ('')	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2
Diamètre extérieur (mm)	17,2	21,3	26,9	33,7	42,4	48,3	60,3
Rayon de cintrage (mm)	50	65	85	100	150	170	220

Pour les tubes soudés, la soudure doit être placée sur la fibre neutre pour éviter qu'elle ne « travaille » lors du cintrage. Après cintrage, les tubes ne doivent pas présenter de fissure visible.

On préférera le cintrage à l'utilisation de coudes (moins de raccords, moins de pertes de charge).

4.4 Raccords

Ils sont généralement en fonte malléable, mais ils peuvent être aussi en acier forgés. Le marquage des raccords s'effectuera selon la norme EN 10241 de la manière suivante :

- type de raccord (té réduit, coudes, réducteur…)
- norme (EN 10241)
- dimensions : DN ou filetage

Exemple

Croix – EN 10241 – DN 32
Réducteur mâle femelle – EN 10241 – ¾ × ½

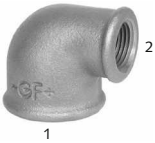
Il existe une gamme étendue de raccords qui se vissent sur les tubes. L'étanchéité est assurée par de la filasse enduite de pâte à joint, par du téflon (mais cela est peu recommandé pour les raccords acier) ou par une résine d'étanchéité adaptée (en fonction de la nature de la tuyauterie et de la nature du fluide).

Chaque type de raccord est identifié par un numéro. La figure 8.15 en donne des exemples.

Figure 8.15 – Raccord pour tubes en acier noir

	n° 1 Courbe 90° mâle-femelle (coude grand rayon)
	n° 2 Courbe 90° femelle-femelle (coude grand rayon)
	n° 3 Courbe 90° mâle (coude grand rayon)
	n° 40 Courbe grand rayon 45° mâle-femelle
	n° 41 Courbe grand rayon 45° femelle-femelle
	n° 51 Courbe 30° femelle-femelle
	n° 60 Courbe double 180°
Documentation GEORG FISCHER	

…

	n° 85 Dos d'âne
	n° 87 Té dos d'âne uniquement en 1/2
	n° 90 Coude à 90° égal
	n° 90R Coude à 90° réduit femelle-femelle
	n° 92 Coude à 90° égal mâle-femelle
	n° 94 Coude à 90° mâle-mâle
	n° 95 Coude union femelle-femelle à joint plat
	n° 96 Coude union femelle-femelle à joint conique
Documentation GEORG FISCHER	

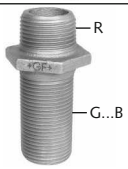
	n° 97 Coude union mâle-femelle à joint plat
	n° 98 Coude union mâle-femelle à joint conique
	n° 100 Coude union femelle-mâle à joint plat
	n° 130 Té à trois extrémités femelles
	n° 131 Té à trois extrémités femelles avec embranchement cintré à 90°
	n° 133 Té à 2 extrémités femelles avec embranchement mâle
	n° 135 Té à trois extrémités mâles
Documentation GEORG FISCHER	

…

	n° 180 Croix égale
	n° 220 Té à fourche ou distributeur Y (deux bifurcations à 45°)
	n° 221 Distributeur à coude femelle égal
	n° 240 Manchon droit réduit femelle-femelle
	n° 241 Mamelon réduit droit mâle-femelle
	n° 245 Mamelon réduit droit mâle-mâle
Documentation GEORG FISCHER	

	n° 260 Manchon excentré réduit femelle-femelle
	n° 270 Manchon double femelle
	n° 281 Manchon double mâle droite-gauche
	n° 290 Bouchon mâle avec collet
	n° 330 Manchon union droite femelle-femelle à joint plat
	n° 332 Manchon union droite femelle-mâle à joint plat
	n° 338 Manchon union à joint plat pour distribution
Documentation GEORG FISCHER	

…

	n° 526 Allonge
	n° 534 Longue vis
	n° 537 Manchon longue vis complète
Documentation GEORG FISCHER	

Les longues vis ou manchons longue vis permettent de raccorder des tuyauteries en position à l'aide d'un manchon. On pourra aussi pour plus de facilité utiliser des raccords unions.

Pour éviter les erreurs de commande, les tés et les croix sont numérotés dans le sens inverse des aiguilles d'une montre en commençant par le raccord du bas.

Lors du raccordement des raccords, on évitera de réaliser des étranglements intérieurs (figure 8.16).

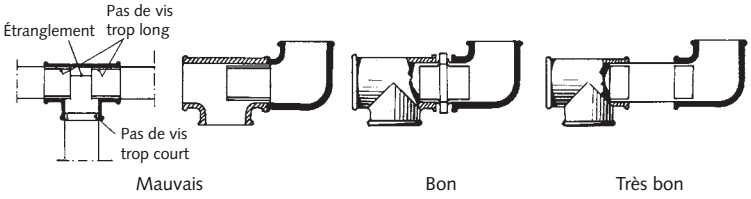


Figure 8.16 – Éviter les étranglements intérieurs

On trouve aussi des pièces à souder dans les différentes séries (figure 8.17).

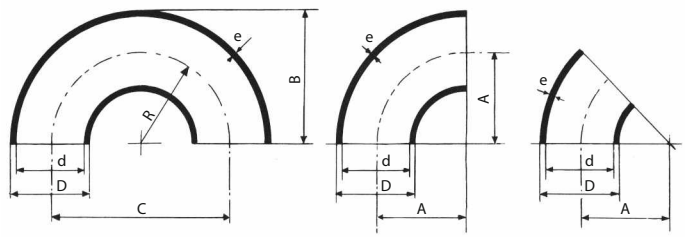


Figure 8.17 – Courbes Vallourec pour tubes Tarif Gaz

5 Tuyauteries en acier galvanisé

Les séries, raccords et dimensions seront identiques à celles des tubes en acier noir. Ils sont conformes aux normes NF A 49-115, NF EN 10216-1, NF EN 10217-1 ou NF EN 10255.

Il existe des restrictions à l'usage des tuyauteries en acier galvanisé définies dans le DTU 60.1, elles sont liées à la corrosion et seront développées en fin de paragraphe.

Les tubes en acier galvanisés sont revêtus de zinc à l'intérieur et à l'extérieur par immersion dans du zinc fondu selon la norme NF EN 10240.

Les raccords sont en fonte malléable galvanisée ou en acier galvanisé.

5.1 Règles de pose

Sur les réseaux d'eau froide, le cuivre (ou ses alliages) ne doit pas se trouver en amont d'une tuyauterie en acier galvanisé (exception faite des compteurs et robinetteries). Un **raccord laiton** doit être monté entre l'acier et le cuivre (situé en aval).

Sur le bouclage d'eau chaude sanitaire, l'utilisation des deux métaux (cuivre et acier galvanisé) n'est pas autorisée.

- Les tubes galvanisés de diamètre extérieur inférieur à 21,3 mm sont interdits.
- Le cintrage à chaud est interdit.
- Les tuyauteries d'eau froide peuvent être protégées par des bandes adhésives, des bandes imprégnées.
- La pose en vide sanitaire n'est autorisée que s'il existe un espace de 60 cm entre la tuyauterie et le sol.

- Une tuyauterie d'eau froide installée dans un espace non ventilé doit être calorifugée pour éviter la condensation et la corrosion.
- L'utilisation d'un fourreau est obligatoire pour les traversées des planchers et pour la traversée d'un mur ou cloison par une tuyauterie d'eau chaude.
- Les tuyauteries placées dans les parties communes doivent être protégées des chocs qui pourraient endommager son revêtement.

La canalisation peut être installée :

- Dans les éléments du gros œuvre ou assimilés, elle peut être encastrée, engravée ou enrobée.
- Dans un élément non porteur, elle peut être enrobée, encastrée ou engravée, les assemblages doivent être soudobrasés ou vissés. En cas de pose dans un ravoirage, la tuyauterie devra être protégée par une bande imprégnée ou adhésive ou par un gainage.
- Dans une gaine technique visitable à chaque niveau ou dans chaque local (fuite éventuelle localisée à 3 m près).
- Dans un coffrage ou faux plafond visitable – trappes de visite ou ensemble démontable (fuite éventuelle localisée à 3 m près).
- Dans un vide sanitaire ayant une hauteur de 60 cm sur le passage de la tuyauterie et ayant une trappe d'accès d'au moins 60 cm de largeur de passage et d'une surface d'au moins 0,6 m².

5.2 Fixation des tuyauteries

On respectera les règles du tableau 8.13.

Tableau 8.13 – Écartement maximum entre deux fixations pour les tuyauteries en acier galvanisé

Diamètre nominal (mm)	10	12 à 15	20 à 25	32 à 100
Diamètre en pouces	3/8	1/2	3/4 à 1	$1^{1/4}$ et plus
Écartement en pose horizontale (m)	1,0	1,2	1,8	2,5
Écartement en pose verticale (m)	1,5	1,8	2,5	2,5

5.3 Corrosion

Conditions d'emploi des tubes acier en distribution sanitaire.

■ Contrôles à effectuer

Une analyse d'eau sera réalisée tous les 3 mois la première année, puis 1 fois par an.

Les tubes acier doivent être galvanisés ou en acier ayant reçu un traitement faisant l'objet d'un avis technique

Les tubes d'acier galvanisés ne doivent pas être parcourus par de l'eau à une température supérieure à 60 °C. Si la production ou le stockage s'effectuent à une température supérieure, il conviendra d'installer un mitigeur thermostatique (à moins de 15 m de l'appareil de production ou de stockage) pour abaisser la température dans les tubes de distribution.

Il est déconseillé d'installer un adoucisseur sur une distribution d'eau froide, alors que cela peut être nécessaire sur l'eau chaude. L'installation d'un adoucisseur doit être complétée par un traitement anticorrosion.

Lorsque la qualité de l'eau n'est pas satisfaisante, un traitement d'eau ou un traitement de l'installation doit être réalisé et des contrôles réguliers doivent être effectués. Il est nécessaire de confier, par contrat, à une entreprise compétente, dès la mise en service du traitement, la surveillance et l'entretien de l'équipement de traitement.

Tableau 8.14 – Conditions de traitement contre la corrosion si 1 ou plusieurs conditions sont remplies*

Élément mesuré	Eau froide (analysée à 20 °C)	Eau chaude (analysée à 20 °C)
Résistivité (Ω·cm)	< 1 500 Ω cm > 4 500 Ω cm	< 200 Ω cm > 4 500 Ω cm
TAC au méthylorange (méq/l ou °f)	1,6 méq/l ou 8 °f	1,6 méq/l ou 8 °f
Oxygène dissous (mg/l)	< 4	/
CO_2 libre (mg/l)	> 30	>
CO_2 agressif (mg/l)	> 5	/
Calcium en Ca^{++} (méq/l ou °f)	< 1,6 méq/l ou 8 °f	< 1,6 méq/l ou 8 °f

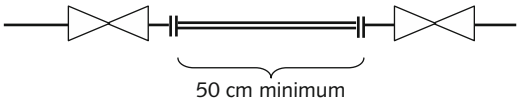
…

Élément mesuré	Eau froide (analysée à 20 °C)	Eau chaude (analysée à 20 °C)
Sulfates en SO_4 (méq/l ou mg/l)	> 3,12 méq/l ou 150 mg/l	> 2 méq/l ou 96 mg/l
Chlorures en Cl^- (méq/l ou mg/l)	> 2,82 méq/l ou 100 mg/l	> 2 méq/l ou 71 mg/l
Sulfates et chlorures (méq/)	/	> 3 méq/l

* Extrait du DTU 60.1. Pour plus de détails consulter le chapitre « Traitement d'eau ».

Le contrôle de l'installation s'effectue (au moins tous les trois mois la première année, une fois par an ensuite) à partir :

- de tubes témoins posés à l'horizontale :
  - sur l'eau froide, installé sur des parties accessibles et démontables à l'entrée de l'installation (figure 8.18),
  - sur la boucle d'eau chaude : il est déposé et son intérieur est contrôlé (figure 8.19),
  - en aval des appareils de traitement d'eau ;
- de prises d'eau :
  - avant et après les appareils de traitement de l'eau,
  - sur le retour d'eau d'un bouclage d'eau chaude sanitaire.



Il faut couper l'eau pour déposer le tube témoin.

Figure 8.18 – Tube témoin sur eau froide

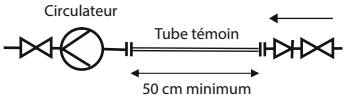


Figure 8.19 – Tube témoin sur eau chaude

■ Dispositions complémentaires

La purge des gaz par un dispositif automatique ou manuel comportant une chambre de réduction de la vitesse est obligatoire sur le réseau de distribution d'eau à tous les points suivants :

- points où la pression de l'eau dans la tuyauterie en acier galvanisé subit une diminution brusque de 3 bar ou plus ;
- point haut d'un dispositif de réchauffage par mélange ou par échange ;
- points hauts des colonnes montantes d'eau chaude ;
- point de retour d'un circuit d'eau chaude raccordé sur une tuyauterie d'eau froide.

D'une manière générale à tous les points de l'installation où il y a une diminution de la pression ou une augmentation de la température (ce qui libère les gaz dissous), leur contrôle doit être régulier.

Les surpresseurs doivent être munis d'une membrane de séparation entre l'air et l'eau.

Remarque

Les éléments en cuivre ou métal cuivreux (tuyauteries, appareils de production...) ne peuvent être placés en amont des tubes d'acier galvanisés. Mais les éléments en cuivre ou métal cuivreux peuvent être placés en aval des tubes d'acier galvanisés, sous réserve de certaines précautions pour l'exécution des piquages.

5.4 Façonnage

Après façonnage, les bavures doivent être éliminées. Si le revêtement intérieur ou extérieur a été endommagé, il faut obligatoirement le reconstituer par métallisation à froid après brossage.

■ Coupe

La coupe se fait par sciage, tronçonnage ou par coupe-tubes à molette ou à couteau. La coupe au chalumeau peut s'effectuer sur les tuyauteries d'un diamètre supérieur ou égal à 108 mm si le revêtement en zinc est reconstitué après brossage par métallisation (à l'intérieur et l'extérieur).

■ Filetage

Le filetage extérieur doit être un filetage gaz conforme aux normes NF EN 10226-1/2 ou NF EN ISO 2281. Les filets doivent être propres et réguliers, le taraudage est interdit (filet à l'intérieur du tube).

Les huiles de coupe doivent être compatibles avec l'utilisation sur des tuyauteries destinées à la consommation humaine.

■ Cintrage

Uniquement cintrage mécanique à froid pour les tuyauteries de diamètre ≤ 60,3 mm.

■ Perçage

Perçage à froid uniquement pour les petits diamètres. Le perçage (Ø ≥ 40 mm) sur des tuyauteries de diamètre ≥ 108 mm peut s'effectuer au chalumeau si une métallisation à froid est réalisée après brossage.

■ Contrôles et finitions

Les bavures et limailles doivent être éliminées. Il conviendra de contrôler le revêtement en zinc intérieur aux extrémités, piquages… et sur toute la surface extérieure. Si le revêtement est endommagé, il faudra le reconstituer par brossage et métallisation.

5.5 ASSEMBLAGE PAR SOUDAGE

■ Par soudobrasage

Attention

Il ne faut pas réaliser de brasure ou soudobrasure entre le cuivre et l'acier galvanisé. Il faut utiliser un raccord laiton entre les deux.

- Température de fusion comprise entre 500 °C et 875 °C (volatilisation du zinc à 910 °C.
- Assemblage bord à bord.
- Assemblage par emboîtement (*slip-joint*).
- Assemblage angulaire (piquage), le tube ne doit pas dépasser à l'intérieur du tube principal.

Le cordon de soudobrasage doit être sans angle vif sur les pièces assemblées, la surface intérieure de l'assemblage ne doit présenter ni saillie, ni cavité, ni porosité.

La soudure autogène et les brasages capillaires sont interdits sur les tubes galvanisés.

On trouvera des raccords à soudobraser en acier galvanisé :

- courbes : 2d, 3d, 5d ;
- réductions concentriques ;
- fonds à souder ;
- tés.

■ Par piquage

Le piquage direct d'une tuyauterie cuivre d'eau froide peut être réalisé, (mais pas pour un bouclage d'eau chaude), il est nécessaire d'interposer un raccord ou une tuyauterie galvanisée d'au moins 5 cm entre la tuyauterie principale et la tuyauterie en cuivre (placée en aval de la tuyauterie galvanisée).

Il est possible de réaliser le piquage d'une tuyauterie en acier galvanisé sur une tuyauterie (qui n'est pas en cuivre) à l'aide d'un collier de prise en charge.

5.6 Assemblage par raccords

Les accessoires non cités dans la liste suivante devront avoir fait l'objet d'un avis technique (flexible, compensateurs de dilatation…).

On trouvera différents types de raccords :

Raccords à visser :

- en fonte malléable galvanisés ;
- en acier galvanisés (les manchons de protection livrés avec les barres sont interdits d'usage) ;
- en bronze.

Raccords à bague : ils permettent d'assembler des tubes non filetés entre eux ou des tubes filetés avec des tubes non filetés (raccords mixtes). Ils sont en fonte malléable galvanisée, en acier galvanisé, en bronze, en acier inoxydable (figure 8.20).

Figure 8.20 – a) Raccord à compression galvanisé GEORG FISCHER
b) Raccord mixte à compression GEORG FISCHER

L'étanchéité est assurée par compression ou déformation d'une bague sur les tuyauteries en acier galvanisé, en cuivre, en PVC, en polyéthylène et en fonte (figure 8.21).

Figure 8.21 – Bague de compression pour raccord galvanisé

Raccords spéciaux : ils permettent le démontage ou l'ajustage des tuyauteries et sont coniques ou sphériques. Ils sont en fonte malléable galvanisée, en acier galvanisé, en bronze, en acier inoxydable. L'étanchéité se fait par vissage ou par bagues.

Raccords par brides ou collets : Il existe 3 séries : PN 10 ; PN 16 ; PN 25 pour les brides rondes et PN 6 ; PN 10 ; PN 16 pour les brides ovales. On distingue :

- les brides à collerette à souder en bout- acier galvanisé ;
- les brides à collerette emmanchées filetées – acier galvanisé ou fonte galvanisé ;

- les brides à collerette emmanchées soudées – acier galvanisé ;
- les brides plates à souder – acier galvanisé ;
- les brides plates tournantes – acier.

Les brides en acier ou en fonte, à l'exception des brides tournantes, ainsi que les collets à collerette doivent être galvanisées.

- **Assemblages mixtes :** PVC, polyéthylène, cuivre, fonte. Par vissage de raccords spéciaux avec le PVC et le polyéthylène… (étanchéité par téflon ou pâte adaptée aux matières plastiques, pas de filasse qui en gonflant casserait le raccord plastique).

5.7 Séries acier extérieur

Il existe des séries de tuyauteries acier prévues spécialement pour l'extérieur (tubes soudés ou étirés sans soudure) en longueurs de 6 à 12 m, utilisant des raccords à bague de blocage ou à bride que l'on installait pour les réseaux extérieurs (arrosage, tuyauterie de refoulement…). Elles sont aujourd'hui bien souvent remplacées par des tuyauteries polyéthylène.

Voici les principaux types de raccordements :

- Assemblage par joints soudés (figure 8.22 a, b, c) ;
- Assemblage par bride et contre-bride (figure 8.22 d, e, f) ;
- Assemblage par brides soudées (figure 8.22 g, h).

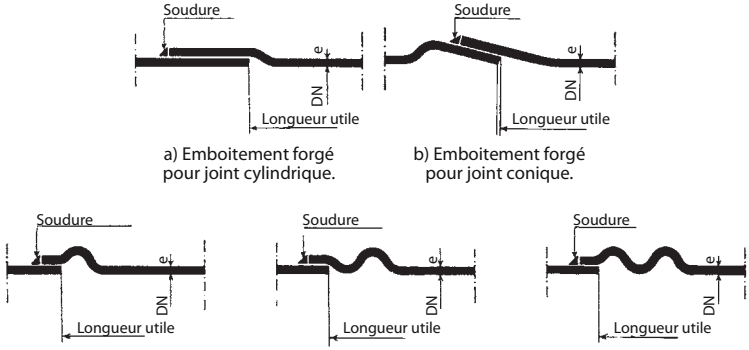


Figure 8.22 – Joints des tubes en acier

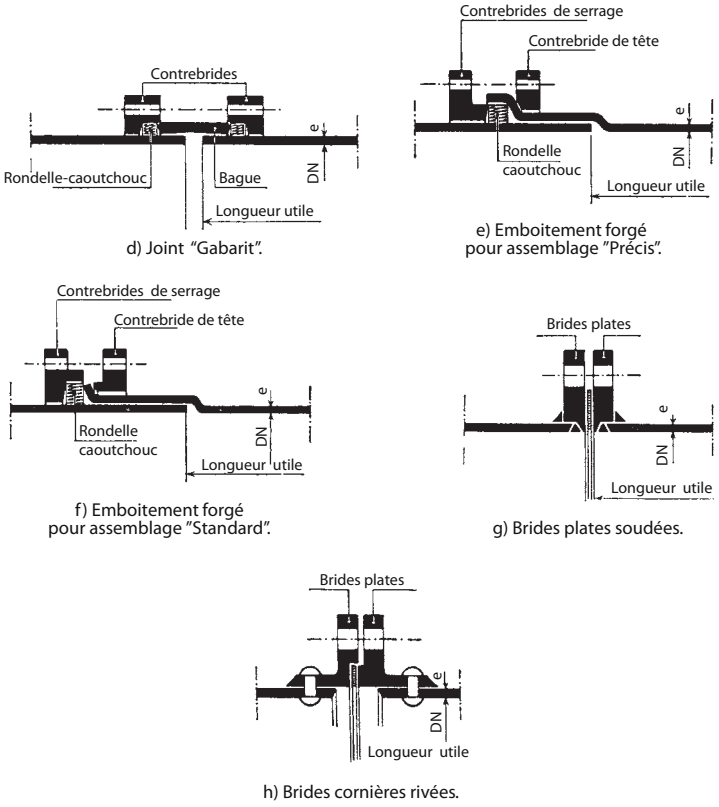


Figure 8.22 – Joints des tubes en acier *(suite)*

On pourra trouver aussi des raccordements à compression ou tout système de bague spécialement conçu pour un type d'usage particulier.

6 Tubes en acier inoxydable

Les tubes inox 304 L ou 316 L se trouvent dans les dimensions des tubes acier (de 10,2 à 609) ou dans les dimensions des tubes à sertir (de 15 à 304). Ils sont conformes aux normes NF EN 10088-2 et NF EN 10312 ou 10217-7.

Il existe de nombreuses nuances d'acier inoxydable. L'inox est un alliage d'acier et de chrome (acier ferritique), d'acier, de chrome et de nickel (acier austénitique)… Ils peuvent être utilisés pour les eaux potables, les eaux traitées adoucies et présentent une forte résistance à la corrosion.

Il est important, lors de la manipulation et de la pose des tuyauteries inox, de ne pas rayer le revêtement inox.

On utilisera pour les couper un coupe-tubes spécial inox.

Les extrémités sont ébavurées à l'intérieur et à l'extérieur.

Le cintrage à froid jusqu'au diamètre extérieur 28 est autorisé (le rayon de cintrage minimal sera 3,5 fois le diamètre extérieur).

L'assemblage s'effectuera par soudage, raccords à compression, brides, raccords à sertir (selon DTU 60.5).

7 Tubes acier à sertir

On trouve aujourd'hui des tubes à sertir chez différents fabricants. Chaque système à sa forme de sertissage, les pinces à sertir sont manuelles ou électriques. Les tubes sont en acier électrozingués, en inox…

Le diamètre des tubes est différent. Il conviendra de respecter les consignes des fabricants (tableau 8.15).

Tableau 8.15 – Exemples de dimensions de tubes à sertir

Diamètre extérieur (mm)	Épaisseur (mm)
12	1,2
15	1,2
18	1,2
22	1,5
28	1,5
35	1,5
42	1,5
54	1,5
76	1,5
89	1,5
108	1,5

Il existe de nombreux systèmes comprenant leurs propres dimensions, leurs formes de sertissage…

8 Tuyauteries en fonte

Tableau 8.16 – Dimensions des tuyauteries en fonte sous pression selon NF EN 545

Diamètre nominal DN (mm)	Diamètre extérieur De (mm)	Remarques
40	56	L'épaisseur varie de 4,8 à 25 mm selon les diamètres. La pression de fonctionnement est de 27 à 64 bar selon les diamètres. La tolérance sur les dimensions extérieures dépend du diamètre, on pourra trouver des valeurs variant de 1 mm selon les catalogues (par exemple 57 – 67 – 78…).
50	66	
60	77	
65	82	
80	98	
100	118	
125	144	
150	170	
200	222	
250	274	
300	326	
350	378	
400	429	
450	480	
500	532	
600	635	
700	738	
800	842	
900	945	
1000	1048	
1100	1152	
1200	1255	
1400	1462	
1500	1565	
1600	1668	
1800	1875	
2000	2082	

Les tuyauteries et raccords en fonte seront conformes au DTU 60.2 et à la norme NF EN 545 de novembre 2010. On contrôle la qualité de la fonte en frappant délicatement le tuyau avec le manche d'un marteau, il doit émettre un son clair au choc.

Les tuyaux en fonte épaisse ductile pour eau forcée sont assemblés par joint métallique ou par joint plastique.

La fonte épaisse est réservée en principe aux installations sous pression.

La fonte mince du diamètre 50 à 150 est réservée à l'écoulement des eaux usées (se reporter au chapitre 13 sur l'évacuation des eaux usées).

On trouvera différentes séries de fontes (eau potable, irrigation, industrie…), des séries isolées contre le gel (isolant en mousse polyuréthane et gaine polyéthylène), des séries très hautes pressions pouvant aller jusqu'à 100 bar…

Le revêtement intérieur des tuyauteries dépendra de l'usage (mortier de ciment, polyuréthane pour les eaux douces ou agressives…).

D'une manière générale, on laissera un jeu de 1 à 1,5 cm pour les DN 40 à 300, de 2 cm pour les DN 350 à 600 et de 3 cm au-dessus (tableau 8.16), entre deux tuyauteries au fond des raccords pour permettre la dilatation des tubes et une flexibilité de l'ensemble. La résistance de pression est indiquée par la lettre C (C 20, C 25, C 30, C 40, C 50, C 64, C 100), le chiffre représentant la pression maximale de service, en bar.

On trouve encore d'anciennes dimensions (tableau 8.17).

Tableau 8.17 – Anciennes dimensions des tuyauteries en fonte sous pression

Diamètre nominal (mm)	Diamètre extérieur (mm)
40	52 - 58
50	62 - 68
60	72 - 79 - 83,4
80	93 - 96 - 100 - 104
100	114 - 120 - 125
125	141 - 146 - 151
150	167 - 172 - 177
175	193 - 196 - 203
200	220 - 229
225	248 - 249

…

Diamètre nominal (mm)	Diamètre extérieur (mm)
250	275 - 281
300	333
Ces dimensions sont données à titre indicatif, il faudra dans tous les cas effectuer une mesure de diamètre.	

8.1 Fonte à brides

Les tuyauteries en fonte se fabriquent avec des brides moulées, soudées ou vissées dans des diamètres DN 40 à 2 000 pour des pressions PN 10, 16, 25 et 40 jusqu'à PN 100 selon les diamètres ; elles sont vendues en longueurs de 0,5, 1, 2, 3, 4, 5, 6 ou 7 m en fonction du diamètre.

Le serrage des brides s'effectue toujours de la même manière, en étoile, pour éviter que le joint ne glisse lors du serrage. On serre d'abord les boulons à la main, puis à la clef, il est recommandé d'utiliser une clef dynamométrique pour respecter le couple de serrage des boulons vendus avec la bride (la qualité de résistance du boulon dépendra de la pression de service de l'installation). Le serrage des boulons s'effectue dans l'ordre de la numérotation (figure 8.23).

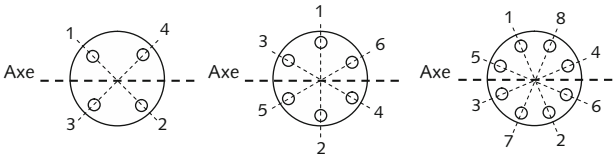
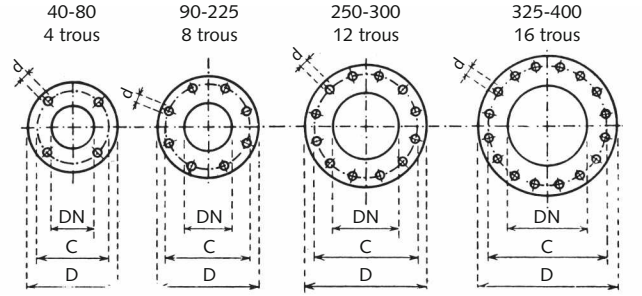


Figure 8.23 – Ordre de serrage des boulons

Et ainsi de suite pour les brides à 12, 16, 20, 24 et 28 trous, les brides normalisées ont un nombre de trou multiple de 4 (figure 8.24).

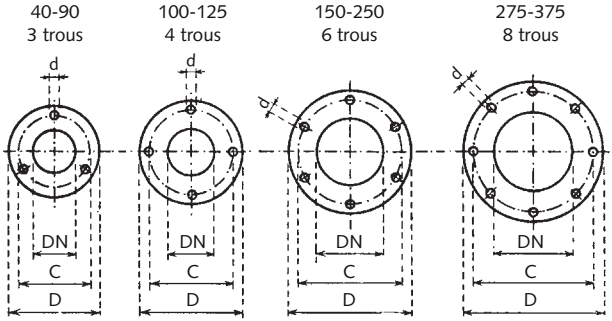
On ne place pas les trous sur l'axe de la tuyauterie.



Diamètre nominal DN	D mm	C mm	Trous	
			Nombre	Diamètre d mm
40	150	110	4	20
50	165	125	4	20
60	175	135	4	20
80	200	160	4	20
100	220	180	8	20
125	250	210	8	20
150	285	240	8	24
175	315	270	8	24
200	340	295	8	24
250	395	250	12	24
300	445	400	12	24
400	565	515	16	28

Figure 8.24 – Brides « Standard International », gabarits de perçage et dimensions

On trouvera encore des brides 3, 4, 6 et 8 trous ayant un gabarit différent (figure 8.25).



Diamètre nominal DN	D mm	C mm	Trous	
			Nombre	Diamètre d mm
40	176	125	3	18
50	188	147	3	18
60	210	165	3	21
(70)	220	175	3	21
80	230	185	3	21
(90)	240	195	3	21
100	250	205	4	21
(110)	262	215	4	21
125	279	232	4	21
150	306	257	6	21
175	338	287	6	21
200	358	306	6	21
(225)	376	323	6	21
250	411	358	6	21
(275)	442	388	8	21
300	474	418	8	21
(325)	501	443	8	21
350	528	468	10	24
(375)	555	495	10	24

Figure 8.25 – Brides « Ville de Paris », gabarits de perçage et dimensions

Les anciens joints pourront être en cuir, caoutchouc naturel, amiante, klingérite, plomb durci…

Lors de la coupe d'une tuyauterie à l'aide d'une tronçonneuse à disque, d'un coupe-tubes à chaîne ou d'une scie pneumatique, le chanfrein devra être reconstitué ainsi que la protection de surface.

8.2 Raccordement

■ Pour mémoire

On trouvera encore des tuyauteries raccordées par des joints coulés, ils étaient réalisés de la manière suivante :

- Joints au plomb : une corde goudronnée est matée à chaque tour au fond de l'emboîture sur 2 à 4 cm selon les diamètres, l'espace entre l'emboîture et le tube est garni de terre glaise. Puis, les joints sont coulés au plomb et matés à refus (figure 8.26).
- Joints Thiolit : une corde sèche, non huilée, non goudronnée est matée au fond de l'emboîture, l'espace entre l'emboîture et le tube est garni de terre glaise. Puis, les joints sont coulés à 135 °C et matés à refus . **Ce type de raccord n'est pas démontable**.

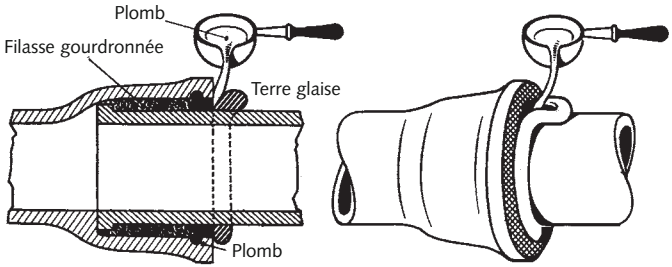


Figure 8.26 – Confection d'un joint en filasse goudronnée et plomb coulé

De nos jours, on emploiera des joints rapides adaptés selon les usages, la composition du joint varie selon le fluide véhiculé.

On trouve différents types de joints.

■ Joints automatiques standard

La tuyauterie et le joint doivent être enduits de pâte lubrifiante.

La partie mâle doit être repérée par un trait pour marquer la longueur

à emboîter (profondeur de l'emboîture – jeu de dilatation), l'extrémité doit être chanfreinée, les deux parties seront assemblées en respectant l'alignement (figure 8.27).

On contrôlera la position du joint à l'aide d'un réglet métallique pour s'assurer qu'il est à la même position sur toute la périphérie.

Les tuyauteries équipées de joints sans blocage doivent être maintenues en position par des massifs de butée qui empêchent les tuyauteries de se déboîter sous l'effet de la pression.

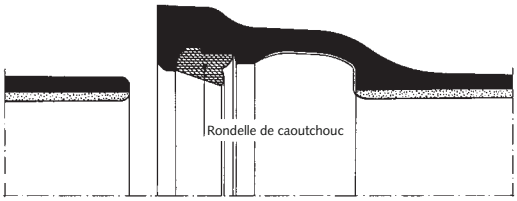


Figure 8.27 – Joint automatique flexible

■ Joints mécaniques express

Le joint express est équipé d'une bague de serrage qui permet une meilleure résistance à la pression, le blocage de la tuyauterie s'effectue indépendamment de l'étanchéité. L'emboîtement sert de point d'appui aux boulons de serrage de la contre-bride qui viennent bloquer mécaniquement la tuyauterie (figures 8.28 et 8.29).

L'utilisation de joints mécaniques express permet d'éviter la réalisation de massifs de butée.

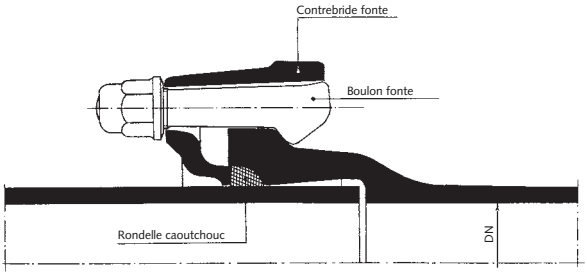
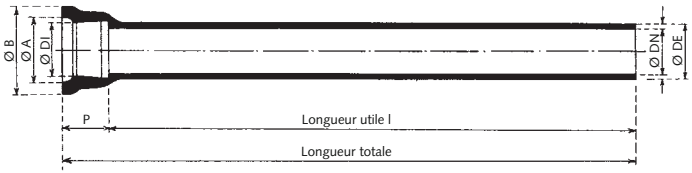


Figure 8.28 – Joint express



Diamètre intérieure nominal DN	Fût	Emboîtement	Longueur utile l	Masse métrique
	Diamètre extérieure DE	Diamètre extérieure B		
	Mm	mm	m	kg
60	78	139	6	11
80	99	162	6	15
100	119	188	6	19,5
125	145	215	6	25
150	171	243	6	31
175	196	271	6	37,5
200	222	298	6	45
250	273	353	6	61
300	325	410	6	78,5

Figure 8.29 – Tuyaux en fonte centrifugée à joints express, dimensions principales

■ Autres types de joints

Il existe de nombreux types de joints : fonte-fonte, fonte-PVC, fonte-fer… Il conviendra dans tous les cas de contrôler s'ils sont équipés de pièces de blocage qui assurent la tenue du raccord et empêchent les tuyauteries de se déboîter sous l'effet de la pression.

Lorsque le joint est composé de deux demi-coquilles en fonte placées autour du tube, il peut comporter un système de blocage (figure 8.30a) adapté à la tuyauterie ou ne pas en comporter (figure 8.30b).

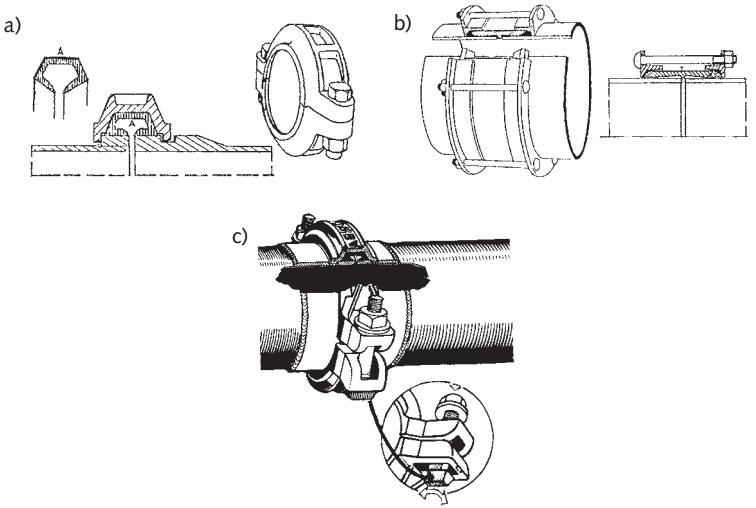


Figure 8.30 – a et b) Joint Victaulic
c) Joint Prestolic

Des raccords composés de deux ou trois parties permettent le raccordement entre deux tuyauteries en fonte ou entre des tuyauteries de nature différentes par compression d'un joint en élastomère (figure 8.31).

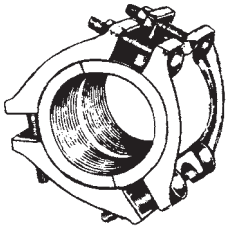


Figure 8.31 – Joint n° 110

Ce type de joint peut aussi servir de joint de réparation sur des tuyauteries (fonte, acier, PVC…) sous pression. L'ensemble se monte par l'extérieur sans démontage de la tuyauterie.

8.3 Accessoires

■ Robinetteries

On parle pour ce type de robinet de robinets-vannes.

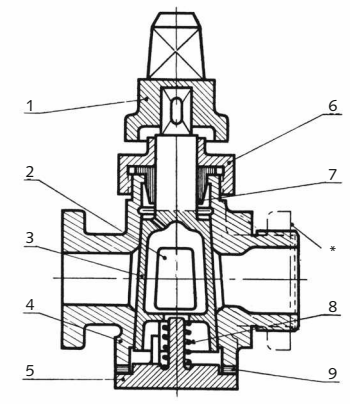
Attention

Il existe 2 séries :
– les robinets-vannes à fermeture dans le sens horaire (FSH) ;
– les robinets-vannes à fermeture dans le sens anti-horaire (FAH).

Il conviendra de ne pas forcer sur une robinetterie sans s'être assuré du sens d'ouverture.

Les robinetteries sont équipées d'une tête à section carrée qui sera manœuvrée par une clef à béquille (clef de fontainier) pour les canalisations enterrées ou par un volant pour les canalisations aériennes.

Pour les canalisations enterrées, la robinetterie sera prolongée par un tube en fonte ou en PVC pour atteindre le niveau de la chaussée, une bouche à clef sera installée pour permettre d'introduire la clef de fontainier et de manœuvrer la robinetterie (figure 8.32).



1. Plaque de fermeture et d'arrêt.
2. Boisseau.
3. Tournant.
4. Lumière.
5. Chapeau d'ordonnance.
6. Chapeau presse-garniture.
7. Garniture d'étanchéité.
8. Ressort.
9. Joint de la plaque de fermeture.

Figure 8.32 – Robinet à tournant

L'opercule assurant la fermeture sera en caoutchouc ou métallique (cupro-alliage).

■ Appareils de régulation et accessoires

Il existe toute une gamme d'appareils de régulation et d'accessoires semblables aux équipements des installations domestiques : régulateur de pression, limiteur de débit, électrovanne, soupape de décharge, clapets anti-retour, filtres, robinets à flotteurs… qui s'adaptent directement sur les tuyauteries.

■ Raccords en fonte

Il existe de nombreux types de raccords permettant des changements de direction (coudes 1/4, 1/8, 1/16, 1/32), manchons, cônes de réduction, té, brides… (figure 8.33).

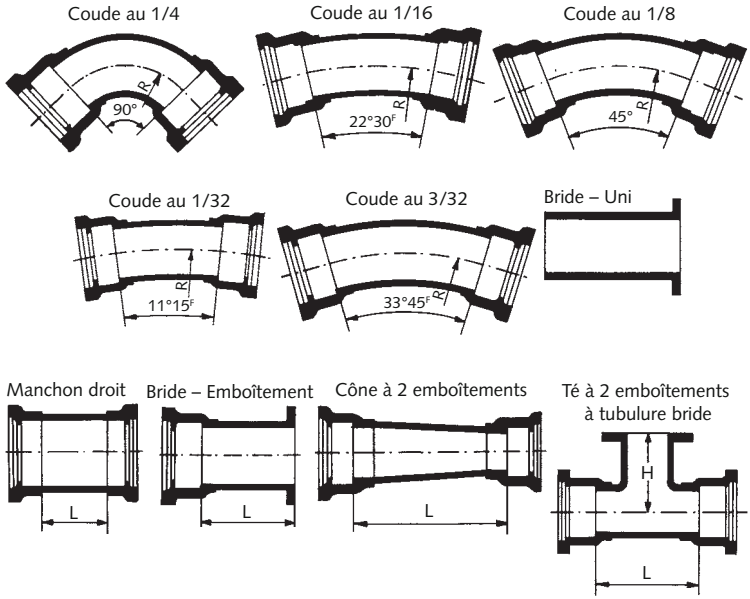


Figure 8.33 – Raccords en fonte

8.4 Pose des tuyauteries en fonte

■ Pose en tranchée

La profondeur de la tranchée dépendra de la région, D'une manière générale, une profondeur comprise entre 0,70 et 1,2 m assure une bonne protection contre le gel.

Le fond de fouille doit être bien nivelé, des niches sont préservées au niveau des emboîtures pour permettre à la tuyauterie de reposer sur toute la longueur.

On évitera les contre-pentes, l'air emprisonné provoque des coups de bélier et réduit le débit. On évitera aussi les parties horizontales. On disposera aux points hauts des ventouses ou des purgeurs, aux points bas des vannes ou cuves de vidange.

La ventouse permet l'évacuation de l'air à grand débit pendant le remplissage de la canalisation, le dégazage pendant le fonctionnement normal et l'admission d'air à grand débit lors de la vidange de la tuyauterie.

Le purgeur est prévu pour le dégazage pendant le fonctionnement normal de l'installation (figure 8.34).

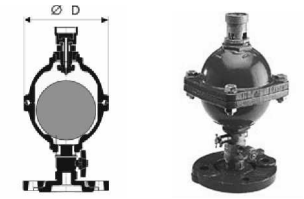


Figure 8.34 – Purgeur fonte DN 60
(documentation PAM Saint-Gobain)

La vanne de vidange permet de vider complètement l'installation, la tuyauterie de vidange devra permettre l'écoulement libre de l'eau (figure 8.35).

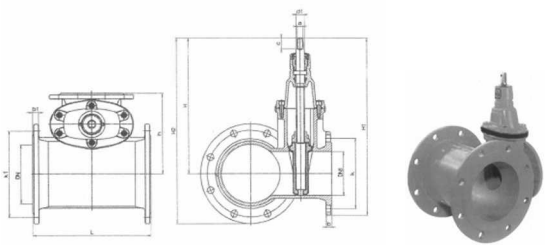


Figure 8.35 – Vanne de purge DN 80 à 200
(documentation PAM Saint-Gobain)

Le remblayage s'effectuera par couches successives de 20 cm damées, un grillage avertisseur pourra être positionné au-dessus de la tuyauterie.

■ Pose en élévation

Pour les diamètres courants, ils seront soutenus par des colliers ou des corbeaux (se reporter au chapitre 13 sur l'évacuation des eaux usées).

Pour les diamètres plus importants (supérieurs à 200 mm), ils seront soutenus par des consoles.

■ Mise en service des canalisations en fonte

Les essais de mise en pression seront effectués avant de remblayer les tranchées ou de rendre inaccessible les tuyauteries. Le remplissage et la montée en pression s'effectueront progressivement. Une mise en pression à la pompe d'épreuves permettra de contrôler l'étanchéité des tuyauteries. Tous les accessoires et robinets seront contrôlés et de manœuvrés si nécessaire.

9 Tuyauteries en amiante-ciment

La fabrication a été interdite en 1999.

On trouvera d'anciennes dimensions (diamètres extérieurs) dans les tuyauteries amiante-ciment pression (tableau 8.18).

Tableau 8.18 – Anciennes dimensions des tuyauteries en amiante-ciment pression

Diamètre nominal	Diamètre extérieur
40	60
50	74
60	84 - 88
80	105 - 108
100	130 - 137
125	154 - 161
150	184 - 198
175	214 - 229
200	246 - 256
250	306 - 315
300	368 - 375
350	410 - 419
400	468 - 480
450	526 - 538
500	584 - 596
600	668
700	780
Ces dimensions sont données à titre indicatif, il faudra dans tous les cas effectuer une mesure de diamètre.	

Le démontage des tuyauteries en amiante-ciment et le retraitement des déchets doivent être effectués par les entreprises spécialisées.

Les tuyauteries seront remplacées par des tuyauteries d'une autre nature en fonction du diamètre extérieur et de la pression de service à l'aide de raccords d'adaptation.

10 Tuyauteries en matière plastique

On trouve de très nombreux types de tuyauteries en matière plastique, il conviendra de s'assurer des conditions d'emploi prévu par le fabricant. Ils se présentent principalement sous trois formes :

- rigide : barres à coller ou à souder (PVC, PVCC, polypropylène…) ;
- semi-rigide : tuyauteries à coller ou à sertir (PER, polyéthylène…) ;
- souple : flexibles divers.

Les tuyauteries rigides sont livrées en barres allant de 3 à 6 m, les tuyauteries souples ou semi rigides sont livrées en couronnes de différentes longueurs.

Les tuyauteries pression portent une marque indiquant la pression nominale (PN…).

Attention

Lorsque la température augmente, la résistance à la pression de la tuyauterie diminue, il faudra donc maîtriser la pression et la température de l'installation. En cas de raccordement à une production d'eau chaude sanitaire, il est recommandé d'installer une tuyauterie métallique d'une longueur d'au moins 35 cm pour les chaudières ou chauffe-eau instantanés et de 50 cm pour les chauffe-eau électriques.

10.1 Tuyauteries en PVC (chlorure de polyvinyle non plastifié)

Elles doivent faire l'objet d'un avis technique du CSTB. On les trouve dans les diamètres extérieurs suivants : 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 75, 90, 11, 125, 140, 160, 180, 200, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800…

Il existe trois types de tuyauteries PVC :

- tuyauteries pour eau glacée ;
- tuyauteries pour eau froide ;
- tuyauteries pour eau chaude : PVC C (PVC chloré).

Les tubes, raccords et accessoires sont définis dans les NF DTU 60-31, 60-32 et 60-33.

Les règles de pose générale sont les mêmes pour ces trois types de tuyauteries. Pour les tuyauteries d'eau glacée ou les tuyauteries d'eau chaude, il faudra prendre des précautions particulières (isolation, dilatation, colles spéciales et temps de séchage…).

Certains PVC doivent être protégés du soleil (des UV) par un revêtement complémentaire.

Comme pour les tuyauteries PVC d'évacuation, le formage (emboîture, cintrage…) des tubes sur chantier est interdit.

La coupe des tuyauteries PVC s'effectue à l'aide d'une scie à métaux (en respectant le plan de coupe perpendiculaire à l'axe du tube), d'une pince coupante ; le chanfrein doit être reconstitué après la coupe.

■ Règles de pose

Les règles d'assemblage d'une tuyauterie PVC (façonnage, collage…) sont les mêmes que pour les tuyauteries d'évacuation. Seul le temps de séchage avant la mise sous pression va changer, il conviendra de consulter les notices figurant sur les pots de colle.

La mise en forme des tuyauteries s'effectuera à l'aide de raccords préfabriqués en usine.

Seuls les collages et les raccords mécaniques adaptés sont autorisés sur chantier.

Lors de la pose des tuyauteries PVC, il convient d'éviter les efforts de flexion et de torsion. En cas de présence de pièces lourdes (robinetteries, accessoires…), elles devront être fixées indépendamment de la tuyauterie.

Les tuyauteries ne devront pas être posées dans une ambiance supérieure à 50 °C, si c'est le cas, une ventilation sera nécessaire.

En cas de pose en gaines inaccessibles, seuls les collages sont autorisés.

La pose en encastré ou en enrobé est autorisée si le tube est en contact direct avec le matériau de remplissage (minimum 2 cm autour du tube), et si les assemblages sont réalisés par collage.

La traversée de murs, cloisons ou planchers s'effectue à travers un fourreau en PVC.

Les assemblages peuvent être réalisés par collage, bagues d'étanchéité, raccords unions, collets ou brides, raccords mixtes PVC-métal. L'assemblage par collage peut s'effectuer jusqu'au DN 160.

Il existe une très large gamme de raccords à coller et d'accessoires (vanne, clapet, filtre...).

Lorsque l'assemblage est réalisé par des bagues d'étanchéité intégrées dans l'emboîture des tubes, la pâte lubrifiante utilisée devra être adaptée à la nature de la bague d'étanchéité, des butées devront être réalisées pour éviter les efforts dus à la pression (déboîtement des tubes).

L'assemblage des raccords filetés et taraudés (PVC-PVC ou PVC-métal) sera réalisé à l'aide de ruban en Téflon (polytétrafluoréthylène) ou d'une

pâte d'étanchéité spécialement adaptée aux tuyauteries PVC ; l'usage de la filasse est interdit (figure 8.36).

Attention

Lors des opérations de collage, il ne faut pas que les tuyauteries soient mouillées car cela compromet très fortement l'étanchéité et la tenue dans le temps du collage.

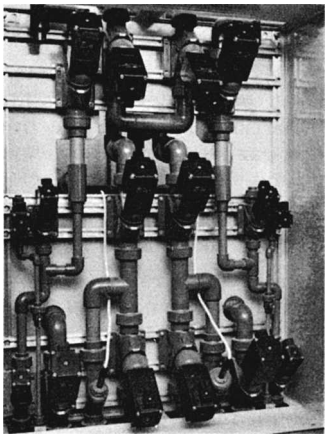


Figure 8.36 – Montage en PVC collé. Batterie mélangeuse de traitement des eaux (documentation Raccords suisses)

■ Fixations

Les colliers seront posés sur les parties droites et ne seront pas serrés pour permettre la dilatation des tubes (sauf si la pente est importante : supérieur ou égal à 20 %).

Les seuls colliers qui seront serrés seront les colliers constituant des points fixes (tableau 8.19).

Tableau 8.19 – Distance entre deux colliers : tuyauterie PVC sous pression*

Diamètre extérieur (mm)		12 à 20	25 à 32	40 à 50	63 à 160
Distance entre deux colliers (m)	Canalisations horizontales	0,75	1	1,5	2
	Canalisations verticales	1	1,5	2	2

* Valeurs données par le DTU 60. 31 P1.

Il conviendra d'étudier avec sérieux la dilatation des tubes.

Les colliers peuvent être en métal ou en plastique, les tuyauteries d'allure horizontale peuvent être placées sur un corbeau.

En cas de calorifugeage des tuyauteries par collage d'un isolant, il conviendra de vérifier si l'adhésif est compatible avec la nature de la tuyauterie.

10.2 Tuyauteries en polyéthylène (PE)

Elles doivent être conformes à la norme NF EN 12201-2/3. Les tuyauteries en polyéthylène sont des tuyauteries semi-rigides de couleur noire. On les trouve dans les mêmes diamètres que les tuyauteries en PVC : 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 75, 90, 110, 125, 140, 160… 2 500.

Il existe différentes séries en fonction de la pression de service (4, 6, 10, 12,5, 16, 20, 25 bar…)

Les tubes se coupent à la scie à métaux ou à la pince coupe-tubes. L'assemblage se fait à l'aide de raccords mécaniques à compression ou à joints toriques. Ces raccords sont en plastique ou métalliques ; ils possèdent tous une bague de serrage mécanique qui empêche le déboîtement du tube.

Lors du raccordement par raccords mécaniques, la surface extérieure du tube sera propre et sans rayures ; un chanfrein sera réalisé sur l'extrémité du tube pour éviter d'accrocher le joint, il sera emboîté jusqu'au fond du raccord. Le PE peut être électrosoudable.

Lors de la mise en forme des tuyauteries, on respectera un rayon de courbure inférieure à 15 fois le diamètre de la tuyauterie.

Il faudra maintenir en place la tuyauterie par des colliers et tenir compte de la dilatation qui peut provoquer l'arrachement des raccords ou des colliers de fixation.

La bande de couleur précise l'usage : jaune = gaz, bleu = eau potable, sans couleur = eau non potable basse pression, marron = collecteurs d'assainissement. Les tubes eau potable peuvent être aussi de couleur bleue.

Le marquage sera effectué de la manière suivante :

EN 12201 – Identification du fabricant – Dimensions ($d_n \times e_n$) – Série SDR – Application – Matière et désignation – Classe de pression – Période de fabrication.

Exemple : EN 12201 – Nom – 90 × 10 – SDR 11 – W – PE 90 – PN 20 – 1401.

L'application correspond à l'usage du tube :

- W : eau destinée à la consommation humaine ;
- P : assainissement ;
- W/P : usage mixte.

Attention

Les tuyauteries polyéthylène comportant une bande rouge servent de gaines de protection pour les câbles électriques ; celles comportant une bande verte, pour la fibre optique. Il faut vérifier que le PE est bien protégé contre les ultraviolets en cas de pose en extérieur.

10.3 Tuyauteries en polyéthylène réticulé (PER ou PE-X) et polybutylène (PB)

Le polyéthylène réticulé est plus souple que le polyéthylène. Il peut être de différentes couleurs (généralement bleu pour l'eau froide et rouge pour l'eau chaude), mais les caractéristiques sont les mêmes. Il est utilisé dans la distribution sanitaire (dite distribution hydrocâblée) et pour la réalisation de réseaux de chauffage (alimentation de radiateurs, planchers chauffants).

Les tuyauteries polybutylène présentent des caractéristiques voisines. Elles sont généralement plus souples. La résistance à la température en fonction de la pression est légèrement différente. On consultera les caractéristiques fournies par les fabricants.

On respectera quelques règles de mise en œuvre :

- les tuyauteries doivent être protégées par une gaine ou un fourreau résistant à l'écrasement ;

- le raccordement s'effectue à l'aide de raccords à compression ou de bague à sertir ;
- la coupe est réalisée à l'aide d'une pince, un chanfrein peut être réalisé selon le type de raccord utilisé ;
- les tuyauteries seront fixées en tenant compte de la dilatation des tubes ;
- les pièces d'extrémité encastrée (douille de raccordement des robinetteries murales) permettent le démontage de la tuyauterie ;
- le cintrage s'effectue à l'aide d'un ressort introduit à l'intérieur du tube pour éviter sa déformation ;
- **la tuyauterie ne doit pas être exposée au soleil sans protection.**

Les raccords à sertir utilisés doivent être agréés par le fabricant du tube, ce qui permettra de garantir l'étanchéité du raccord. Les pinces à sertir doivent être maintenues propre et entretenues. L'usure de la forme permettant le sertissage peut provoquer un manque de pression au moment du sertissage, ce qui provoquera une fuite du raccord (goutte à goutte).

La qualité du sertissage d'une pince doit être contrôlée par le fabricant. Il conviendra dans tous les cas de respecter les règles d'emploi définies par les fabricants (figures 8.37 et 8.38).

La tuyauterie étant démontable (elle peut être retirée de son fourreau et remplacée par une nouvelle), ce type de tuyauterie bénéficie généralement d'une garantie de deux ans au lieu de la garantie décennale pour les tuyauteries encastrées.

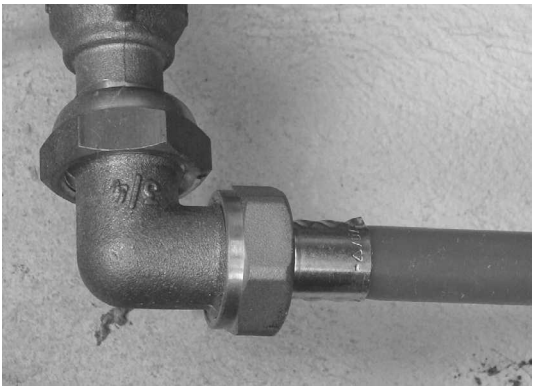
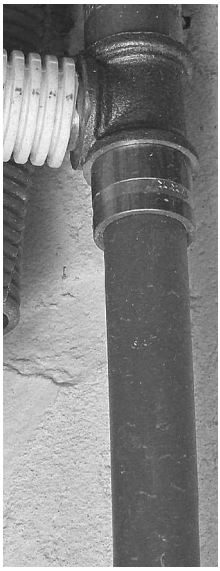


Figure 8.37 – a) Raccord Acome

Figure 8.37 – *(suite)* b) Pince à sertir Acome



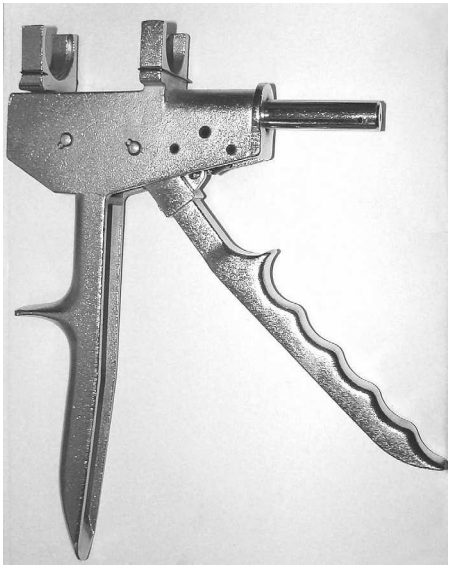


Figure 8.38 – Raccord à bague (à glissement) laiton et pince Roth

10.4 Tuyauteries multicouches

Les tuyauteries multicouches utilisent les caractéristiques des tuyauteries PER. Une feuille d'aluminium est intercalée entre deux couches de matières synthétiques, cette feuille d'aluminium donne à la canalisation une plus grande rigidité qui permet un façonnage semblable à celui du cuivre (cintrage).

Les raccords sont semblables à ceux utilisés pour les tuyauteries PER, mais il faut parfois « déshabiller » le tube pour enlever le revêtement extérieur et la feuille d'aluminium (le sertissage s'effectuant dans ce cas sur la partie intérieure de la tuyauterie).

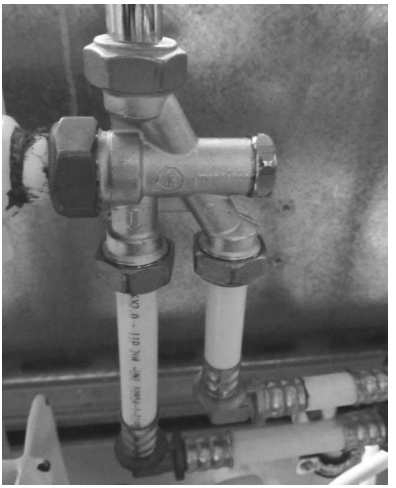


Figure 8.39 – Raccordement d'un robinet de radiateur avec des tuyauteries multicouches

La couche extérieure de ce type de tuyauterie permet le plus souvent une protection contre les ultraviolets, ce qui autorise sa pose en apparent (figure 8.39).

10.5 Tuyauteries thermosoudables

On trouve une large gamme de tuyauteries thermosoudables par fusion chez différents fabricants (figure 8.40). Ils sont sensibles aux UV.

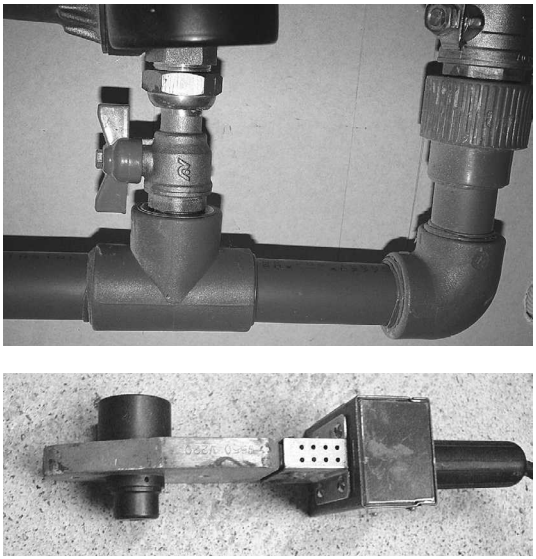


Figure 8.40 – Montage en tuyauteries thermosoudables – Appareil pour thermosoudage

Les tubes sont en polybutylène (PB), polypropylène (PP), polypropylène random (PPR), polyéthylène (PE)… Ils sont vendus en barres droites, rigides, de 4 à 6 m de longueur. Les diamètres sont : 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 75, 90 et 110.

Le principe est toujours le même. La gamme de raccords est composée de raccords mâles et femelles, la partie mâle du tube ou du raccord et la partie femelle sont chauffés sur un élément chauffant recouvert d'une surface antiadhésive. Le temps de chauffage dépendra de la taille du raccord. Lorsque le temps de chauffage est atteint, on emboîte les deux pièces à souder, il y a fusion de matière entre les deux raccords.

Il existe aussi pour ce type de tuyauterie une gamme de raccords électrosoudables. Le raccord qui comprend un bobinage en fils de cuivre intégrés est branché sur un générateur de courant pendant un temps donné en fonction de la taille du raccord. Le courant provoque l'échauffement des fils, il y a fusion entre le raccord et le tube.

Cette gamme de tuyauterie rigide est généralement complémentaire avec une gamme de tuyauteries polybutylène semi-rigides équipées de raccords à sertir.

L'ensemble de ces deux gammes permet la réalisation complète d'une installation sanitaire et de chauffage.

Des pièces particulières ont été mises au point, notamment sur le bouclage d'eau chaude sanitaire : la tuyauterie de retour passe à l'intérieur de la colonne de distribution d'eau chaude afin de réduire les pertes de chaleur et de simplifier la pose et la quantité d'isolant nécessaire.

La pose des colliers de fixation s'effectuera selon les recommandations des fabricants.

Dans la pratique

L'apparition des matériaux de synthèse (PER, multicouche…) n'a pas fait disparaître les tuyauteries métalliques, qui gardent des avantages que n'ont pas les matériaux de synthèse (résistance mécanique, résistance à la température, résistance au feu…). Seules les tuyauteries en plomb n'ont plus d'usage, pour des raisons sanitaires.

9
SALLE DE BAINS

1 Règles générales de pose

Lors du passage des tuyauteries en apparent ou en encastré, il conviendra de respecter les différents DTU ainsi que les règles de pose des constructeurs.

Quelques règles simples sont à respecter :

- Le passage des tuyauteries encastrées dans le sol se fait généralement par le seuil des portes prévues pour chaque pièce, il faudra toutefois vérifier le type de revêtement de sol prévu (parquet avec seuils fixés au sol...). De la même manière si les tuyauteries passent sous une cloison prévue, il faudra s'assurer que la fixation de la cloison ne nécessitera pas de percements dans le sol (fixation de rail pour cloisons légères).
  Dans le cas contraire, il faudra faire en sorte de laisser au moins 4 cm entre le dessus de la tuyauterie et le sol fini.
- Les tuyauteries encastrées au sol ne passeront pas à l'emplacement prévu pour les WC et les bidets lorsque ceux-ci sont fixés au sol.
- Les nourrices de distribution seront placées à un endroit qui restera accessible (sous un meuble vasque, dans un placard...). Le placement d'une nourrice sous une baignoire rend bien souvent impossible toute intervention ultérieure et impose la casse du tablier et parfois même la dépose complète de la baignoire pour permettre l'intervention.
- Les appareils sanitaires sont posés horizontalement pour permettre le bon écoulement de l'eau. Ils sont fixés au mur (par consoles, goujons filetés, vis sur taquets, scellement...) ou au sol (par vis inoxydables sur chevilles plastiques).

Figure 9.1 – Douille de sortie de cloison à encastrer

- Les raccordements permettront la libre dilatation des tuyauteries pour éviter d'endommager les céramiques (les raccordements directs en tubes fer sont donc à éviter).
- Les tuyauteries en attente seront bouchonnées à l'aide d'un manchon plastique pour permettre la réalisation des finitions (figure 9.1).
- Lors de la fixation des appareils, **la tête de la vis métallique ne doit pas toucher la céramique** (il faut l'isoler par une rondelle en plastique ou en caoutchouc) pour éviter de casser la céramique.

Le diamètre des raccordements pour chaque appareil est fixé par le DTU (voir chapitre 6 sur la distribution intérieure). Toutefois pour éviter les bruits dus à la vitesse excessive dans les canalisations, il est souhaitable de réaliser l'étude complète : diamètre, débit, vitesse, pertes de charge pour chaque réalisation.

Attention

L'apparition d'un plus grand confort dans les salles de bain (baignoire balnéothérapie, douche multijets…) rend nécessaire la pose de tuyauterie de diamètres plus importants.

Certains appareils sont normalisés :

- **Éviers :** caractéristiques générales (NF EN 695 et NF EN 1116). Les meubles d'évier sont prévus pour résister à l'eau, les charnières aussi, elles sont en laiton, acier inoxydable, matière plastiques...
- **Éviers en céramique** (PR NF 13-101).
- **Lavabos en céramique** (NF D 11-101)…

Les cotes d'interchangeabilité de ces appareils ainsi que les tolérances sont obligatoires. Les autres cotes sont seulement préférentielles.

2 Types d'appareils sanitaires

2.1 Appareils sanitaires en céramique

Les appareils sanitaires en céramique sont fabriqués soit :

- **en faïence émaillée :** pièces de petites dimensions (pâte blanche cuite à 1 200 °C, puis recouverte d'un émail déposé par trempage et fondu au four à 1 000 °C) ;
- **en grès émaillé :** pièces de grandes dimensions (pâte jaunâtre recouverte de plusieurs couches d'une porcelaine opaque dite « engobe » et d'un

émail transparent dit « couverte ». L'ensemble est cuit en même temps à 1 300 °C) ;
- **en porcelaine vitrifiée :** pièces de dimensions moyennes (pâte blanche recouverte d'un émail dit « couverte » et cuite à 1 400 °C. La pâte devient imperméable dans la masse).

Les appareils sanitaires en céramique font l'objet d'un classement selon les défauts constatés (le NF DTU 60.1 précise toutes les normes qui définissent la qualité des appareils sanitaires, dont de nombreuses sont en cours de révision) :

- Défauts nuisant à la **pose** (déformations des surfaces et arêtes).
- Défauts concernant l'**utilisation** (vidage complet, sans aspérités).
- Défauts concernant **l'hygiène** (sur les surfaces visibles ou en contact avec l'eau) :
  - filage : fêlures très fines,
  - écaillage : écailles qui se détachent,
  - tressaillage : fentes dans l'émail,
  - bouillonnage : petits reliefs dans l'émail,
  - piqûres : trous sans reliefs dans l'émail,
  - manque d'émail : manque de brillant,
  - grains de chaux : grains de calcaires incorporés à la pâte.
- Défauts concernant l'**aspect** (sur les surfaces visibles ou en contact avec l'eau) :
  - coulure d'émail,
  - grain de four aspérités formées lors de la cuisson,
  - manque d'engobe : pâte visible (non émaillée),
  - moutonnage : ondulation de la surface,
  - tâches : de sels ou d'oxydes.

Les écailles, fêlures provoquées à la pose ou en service, entraînent la mise au rebus de l'appareil.

On distingue trois types de choix :

- Choix A : pièces comportant un petit nombre de défauts très peu visibles. *Au plus 2 défauts Pose ou Hygiène et 2 défauts Aspect.*
- Choix B : pièces comportant un petit nombre de défauts ne nuisant pas à la bonne présentation. *Au plus 2 défauts de Pose ou Hygiène et 3 défauts Aspect.*
- Choix C : pièces comportant des défauts ne nuisant pas au bon usage. *Au plus 3 défauts Pose - Utilisation - Hygiène et 3 défauts Aspect.*

Toute pièce doit porter l'indication du choix de manière indélébile qui doit rester autant que possible visible après la pose.

Une pièce qui ne comporte pas d'indication de choix est considérée comme **déclassée.** Elle présente bien souvent trop de défauts pour appartenir aux classes A, B ou C, ce sont ces pièces que l'on trouve généralement lors des promotions à très bas prix. Les normes sur les matériaux utilisés pour les sanitaires sont en cours de révision.

2.2 Appareils sanitaires en fonte émaillée

La fonte doit être de la qualité Ft 14. Les parties non émaillées seront recouvertes d'une couche de masse ou d'une peinture antirouille venant d'usine.

L'émail doit recouvrir toutes les surfaces pouvant être mouillées. Il sera lisse, brillant, opaque de couleur régulière, sans soufflures, et appliqué et cuit en 2 couches successives.

Les éclats d'émail provoque la mise au rebus de l'appareil.

Le classement (choix A, B, C) est identique à celui des appareils en céramique. Lorsque l'émail est abîmé, il existe des kits permettant de refaire l'émail à froid. Cela prolonge la durée d'utilisation de l'appareil.

2.3 Appareils en acier inoxydable

Les aciers inoxydables admis sont des aciers ferritiques à 17 % de chrome ou des aciers austénitiques du type chrome-nickel 18/8.

Les appareils sont livrés polis (satinés ou brillants) sans traces. Ils doivent avoir subi en usine un traitement de déferrisation et de passivation.

L'épaisseur du métal dépend de la plus grande dimension de la pièce.

Les paillasses et les égouttoirs doivent être insonorisés (revêtement en sous-face).

Toutes les pièces doivent être marquées pour identifier la nuance et indiquer le nom du transformateur.

2.4 Appareils en tôle galvanisée

Les deux faces de la tôle sont émaillées entièrement. Toutefois, les parties non apparentes peuvent ne comporter qu'une couche de masse.

Les qualités de l'émail doivent être les mêmes que pour les appareils en fonte.

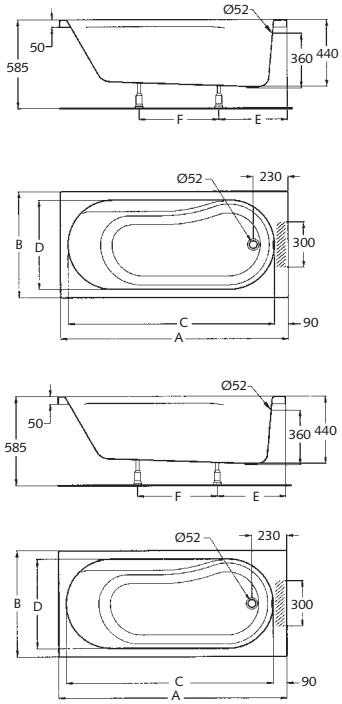
Le moutonnage ou peau d'orange et les points noirs ou dorés ne sont acceptés que s'ils sont pratiquement invisibles (ils ne doivent pouvoir être détectés que par un examen précis de l'appareil).

2.5 CABINES DE DOUCHES AMOVIBLES

Ces installations sont soumises une procédure d'agrément du CSTB.

3 Baignoires

Il existe de nombreuses tailles, formes et couleurs. La variété des matériaux utilisés, permet toutes les audaces. La capacité utile de la bonde au trop-plein est généralement comprise entre 160 l (baignoire sabot) et 250 l. Mais on trouve de plus en plus de nos jours des modèles grands formats dépassant les 300-350 l (figure 9.2).

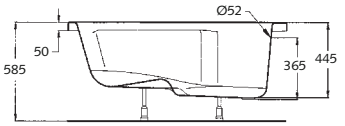


Réf.	A	B	C	D	E	F
T8016	1600	700	1480	590	575	600
T8017	1700	700	1580	590	575	700
T8018	1700	750	1580	540	575	700
T8019	1700	800	1580	690	575	700

Réf.	A	B	C	D	E	F
T8014	1400	700	1280	590	525	450
T8015	1500	700	1380	590	575	500

Figure 9.2 – Exemples de dimensions de baignoires acryliques à encastrer. Modèle Praxis d'Idéal Standard

©



Réf.	A	B	C
T8013	1300	1160	1040
T8012	1200	1060	940
T8011	1050	910	790

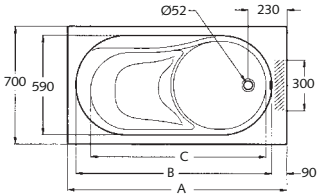


Figure 9.2 – Exemples de dimensions de baignoires acryliques à encastrer. Modèle Praxis d'Idéal Standard *(suite)*

On trouvera des dimensions allant jusqu'à 190 × 90 dans les séries courantes et des profondeurs pouvant atteindre 48,5 cm.

3.1 Baignoires en fonte

D'un poids pouvant aller de 80 à 200 kg, à encastrer ou à poser, la baignoire en fonte a perdu de nombreuses parts de marché (poids trop important pour l'installateur, prix trop élevé pour le client). Les modèles « fontes » reviennent à la mode comme élément de décoration pour les salles de bains de « luxe » mais l'apparition de modèles en résines sur pied autoportantes laisse l'avantage aux baignoires « modernes » (figure 9.3).

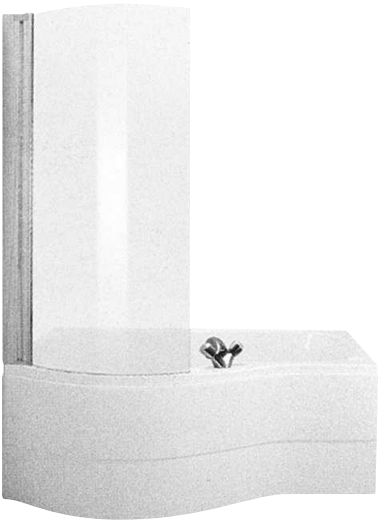
Figure 9.3 – Baignoire Bocage Porcher

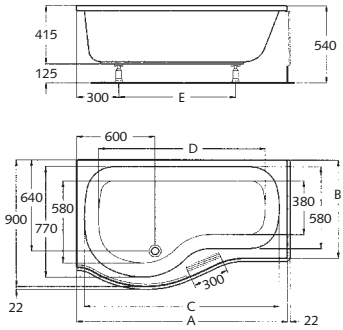
3.2 BAIGNOIRES EN ACIER

D'un poids de 40 à 75 kg, la baignoire en acier, plus légère que la baignoire en fonte, présente comme principal inconvénient d'être bruyante et froide au toucher.

3.3 BAIGNOIRES EN RÉSINES

Les résines, le faible poids et la liberté des formes ont donné naissance à des modèles différents des modèles standard en acier et en fonte. On trouve des courbes, des baignoires d'angle, des cabines de douche intégrées (figures 9.4)…





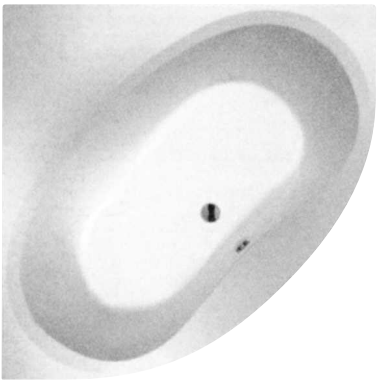
REF.	A X B	C	D	E
E 7324	1700 X 750/700	1600	1325	1030
E 7064	1500 X 750/700	1400	1125	830

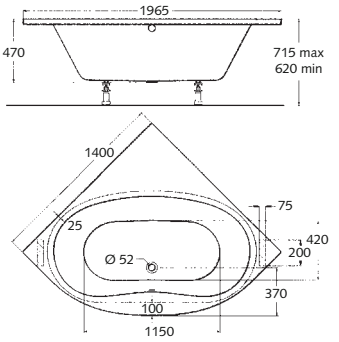
SMALL+

En acrylique. A encastrer ou à poser avec tablier(s) et pare-douche en option.
ESPACE DOUCHE, largeur 900 mm
Livrées non percées pour la robinetterie.
Livrées sans vidange Ø 52 mm.
Piétements métalliques à vérins réglables.

Figure 9.4 – a) Baignoires d'angle (SMALL+ Idéal Standard)

©





SAN REMO AQUA

En acrylique.
Livrée sans vidange Ø 52 mm.
Ne peut pas se monter sans pieds.
Pour chaque baigoire, veuillez commander le set correspondant de 4 pieds et 2 barres (hauteur réglable).

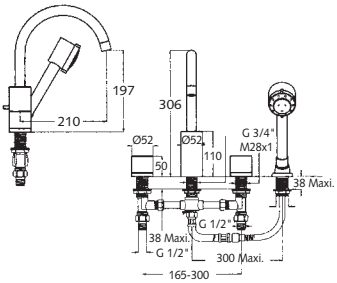
Figure 9.4 – b) Baignoires d'angle (SAN REMO AQUA Idéal Standard) *(suite)*

Il existe des baignoires en matériaux de synthèse à poser autoportantes comme le modèle en Idealcast (résine acrylique renforcée d'Idéal Standard).

3.4 Robinetteries de baignoire

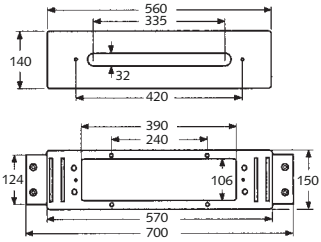
Les robinetteries bain-douche traditionnelles, posées sur le mur, sur gorge, ou encastrées restent toujours d'actualité, mais de nouveaux types de robinetteries sont apparus ces dernières années : des robinetteries décoratives (formes épurées, utilisation du verre comme déversoir…), des robinetteries techniques (gestion de la température au 1/10 de degré par touche à effleurement, lumière intégrée qui indique la température…). Le choix dépendra essentiellement du prix, même si ceux-ci baissent régulièrement.

L'entraxe de la robinetterie est 150 mm mais on trouvera d'anciennes dimensions à 80 mm ou 110 mm. Les robinetteries sont vendues avec des douilles contre-coudées pour rattraper un écart faible et permettre la mise au niveau de la robinetterie (figure 9.5).



BAIN

Set mélangeur 4 trous.
Bec orientale avec aérateur. Inverseur B/D manuel.
Douchette latérale 3 jets easy clean avec support et flexible.
Têtes 1/2" à disques céramique.
Saillie 210 mm.

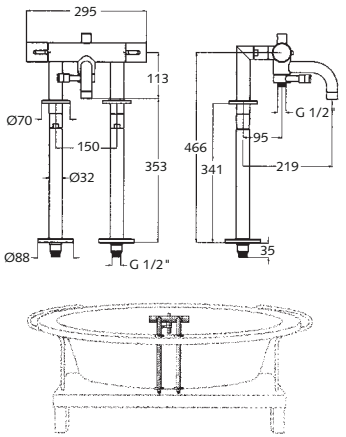


CHASSIS

Chassis seul pour combiné 4 trous avec support de robinetterie et bâti en inox.
Largeur 150 mm. Longueur 700 mm.

Figure 9.5 – a) Robinetterie 4 trous pour pose sur gorge ou sur tablette carrelée – Renfort pour pose sur tablette (Celia, Idéal Standard)

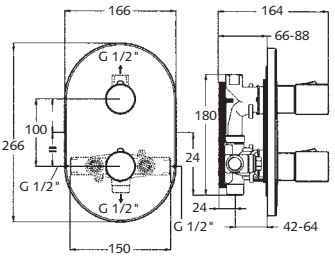
©



BAIN-DOUCHE SUR PIEDS

Mitigeur THERMOSTATIQUE sur colonnes.
Se monte uniquement sur la baignoire, réf. K6727.
Arrivées 1/2" au socle de la baignoire.
Encastrement 35 mm.
Équipé d'un flexible gainé plastique IDEAFLEX, longueur 1,25 m, d'un support de douchette intégré et d'une douchette 1 jet anti-calcaire.
Clapets anti-retour.
Inverseur B/D à retour automatique.
Sortie de douche 1/2" par le dessous.
Cartouche monobloc à cire.
Tête 1/2" à disques céramique.
Limiteurs de débit et de température déverouillables.
Saillies 219 mm. Entraves 150 mm.

Figure 9.5 – b) Robinetterie pour baignoire sur pied, fixation au sol (Celia, Idéal Standard)



KIT DÉCORATION AVEC ROBINET D'ARRÊT

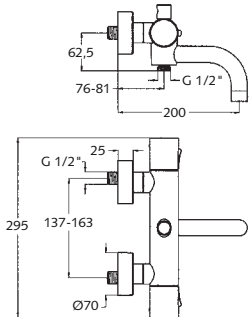
Réglage du débit et de la température.
Saillie 76 à 98 mm.
Á équiper du corps à encastrer réf. A2353.NU.

CORPS POUR THERMOSTATIQUE À ENCASTRER

Corps avec capot de protection amovible.

Corps seul 1/2" 1/2"
Encastrement de 66 à 88 mm
Débit : 23 l/mn sous 3 bars

Figure 9.5 – c) Robinetterie encastrée (Celia, Idéal Standard)



KIT DÉCORATION AVEC ROBINET D'ARRÊT

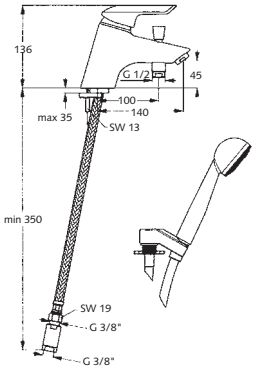
Réglage du débit et de la température.
Saillie 76 à 98 mm.
Á équiper du corps à encastrer réf. A2353.NU.

CORPS POUR THERMOSTATIQUE À ENCASTRER

Corps avec capot de protection amovible.

Corps seul 1/2" 1/2"
Encastrement de 66 à 88 mm
Débit : 23 l/mn sous 3 bars
Écartement réglable de 137 à 163 mm

Figure 9.5 – d) Mitigeur thermostatique bain-douche mural (Celia, Idéal Standard)



MITIGEURS MONOTROU

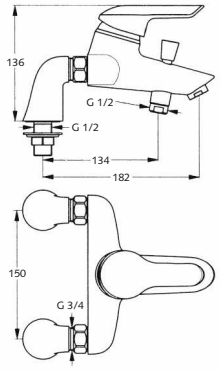
Bec fixe avec aérateur cascade
Inverseur à retour automatique avec clapet anti-retour
Alimentation : flexibles inox 350 mm
Avec raccords silencieux

Sans ensemble de douche

Avec ensemble de douche,
1 jet pluie anticalcaire
Flexible laiton double agrafage 180 cm
avec support douchette orientable

Figure 9.5 – e) Mitigeur bain-douche monotrou (Okyris 2, Porcher)

©



MITIGEUR SUR COLONNETTES

Bec fixe avec aérateur cascade
Inverseur à retour automatique avec clapet anti-retour
Écrous prisonniers 3/4"
Entraxe 150 mm

Figure 9.5 – f) Mitigeur bain-douche sur colonnettes (Okyris 2, Porcher)

3.5 Vidages des baignoires

L'évolution sur les mécanismes de vidage porte principalement sur l'utilisation de flexibles plastiques pour relier le trop-plein à la bonde et sur la manière de fermer le clapet (fermeture au pied par pression sur le clapet). Les modèles sont adaptables à la forme des baignoires (figure 9.6).

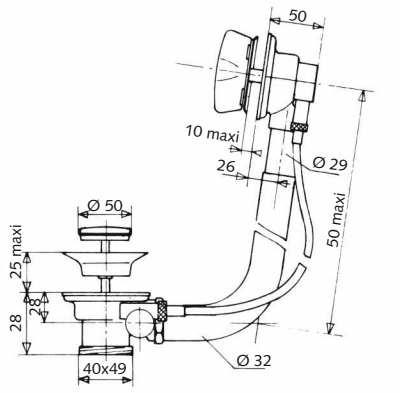


Figure 9.6 – Vidage Valentin à commande par câble

On trouvera encore en service d'anciens modèles (figure 9.7).

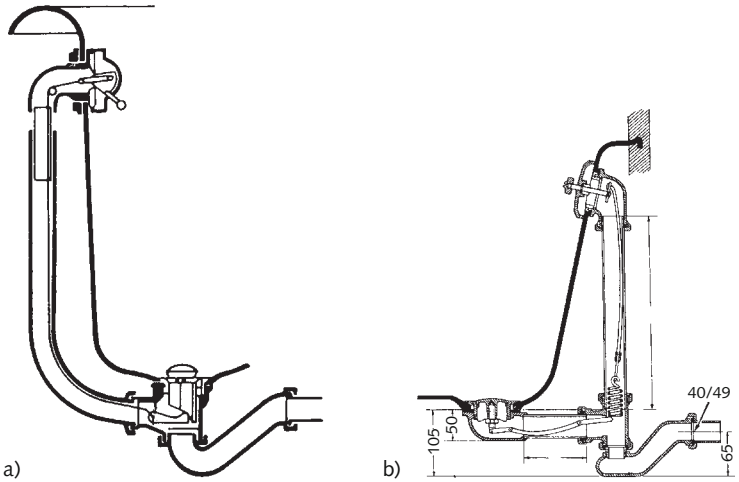


Figure 9.7 – Anciens mécanismes de vidage :
a) Rubano Morisseau ; b) Idéal Standard

Le diamètre de la tuyauterie d'évacuation déterminera la vitesse de vidange de la baignoire (tableau 9.1).

Tableau 9.1 – Temps de vidange d'une baignoire

Diamètre mm	Pente du tuyau (cm/m)	150 l d'eau	100 l d'eau
40	1	5′	3′20
	2	4′10	2′46
	3	3′28	2′18
	4	2′40	1′41
50	1	2′46	1′50
	2	2′18	1′30
	3	1′50	1′13
	4	1′25	0′56

©

Attention

Le diamètre de la tuyauterie PVC doit être de 40 mm si la conduite de raccordement a une longueur inférieure à 1 m, et de 50 mm si la longueur est supérieure à 1 m.

3.6 Règles de pose d'une baignoire

La trappe de visite (ou le tablier de façade démontable) reste obligatoire. Qu'elle donne dans la salle de bains ou dans une autre pièce (placard, buanderie), elle permet le contrôle de la bonde et du siphon (parties démontables) sans casse du carrelage.

La baignoire doit être posée à l'horizontale sur tous ses bords, elle doit reposer au fond sur des pieds et sur les bords. Dans tous les cas, un double joint souple sera réalisé en périphérie pour permettre la dilatation indépendamment des cloisons : un joint avant la pose du carrelage, l'autre après la pose du carrelage baignoire pleine (figure 9.8).

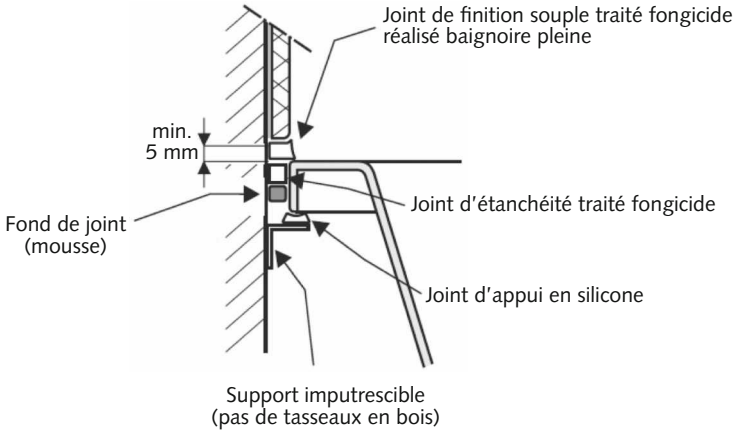


Figure 9.8 – Réalisation du joint d'étanchéité de la baignoire contre le mur

Seuls les percements pour les robinetteries sont autorisés.

On retrouvera les recommandations de pose d'une baignoire de l'Association française des industries de céramiques sanitaires (schémas expliqués) dans de nombreux catalogues fabricants ainsi que sur le site www.salledebains.fr et dans les DTU.

3.7 Réparations

Des sociétés spécialisées proposent la réfection de l'émail de la baignoire sans démontage ou la pose d'une coque en résine réalisée sur mesure qui permet d'éviter d'avoir à refaire toute la salle de bains.

3.8 Baignoires balnéo

On trouve de nombreux modèles de baignoires balnéo dans une large gamme de prix (figure 9.9). Les différences se feront sur le bruit de la pompe, le nombre de jets, les programmes, les systèmes combinés air-eau…

L'eau est aspirée dans la baignoire et envoyée sous pression aux buses de refoulement pour permettre un effet massant, de l'air peut être injecté dans le circuit pour permettre un effet relaxant.

La partie électrique doit être raccordée selon la norme NF C15-100.

Le circuit de circulation de l'eau doit être désinfecté régulièrement pour éviter la prolifération de bactéries.

©

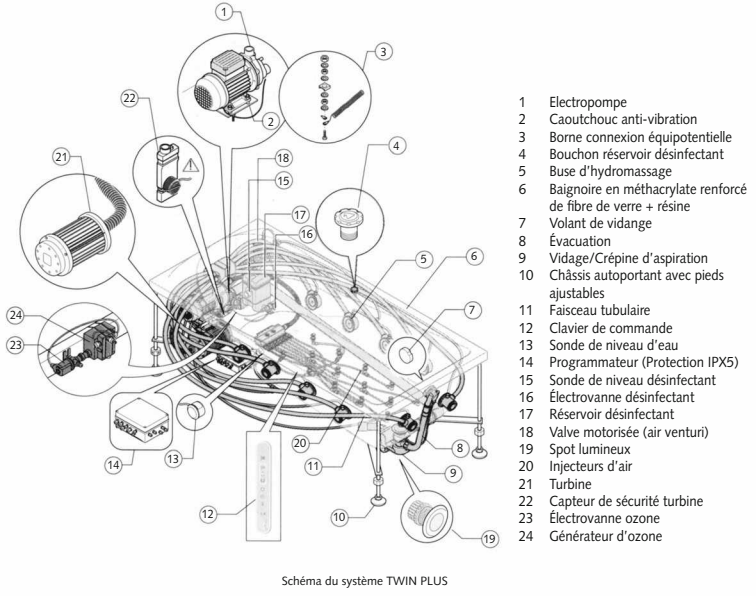
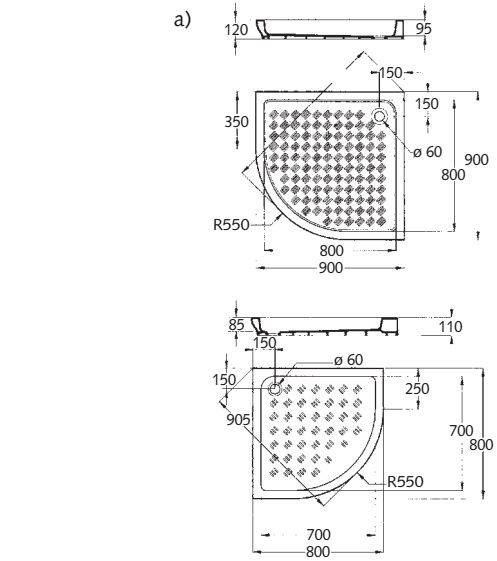


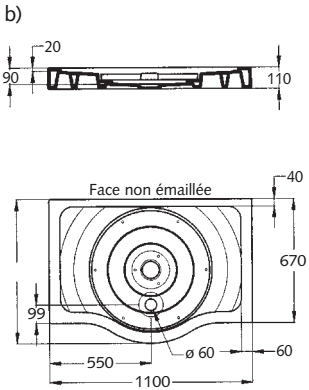
Figure 9.9 – Baignoire balnéo suprême Wellness, Idéal Standard

4 Douches

La cabine de douche est très employée en complément ou en remplacement d'une baignoire. Le receveur de douche sera en matériaux de synthèse ou en céramique ou, très rarement, en tôle émaillée (figure 9.10).

Les dimensions vont de 70 à 140 cm avec des formes variées (courbes). On trouvera des modèles à poser ou à encastrer, leur poids sera de 10 à 15 kg pour les receveurs acrylique et de 25 à 60 kg pour les receveurs en grès.





SUMMUM

En grès fin.
A poser.
Fourni avec caillebotis cerisier.
Fourni sans vidange ø 60.

RECEVEUR 110 X 78 cm
hauteur 11,5 cm
poids : 52,5 kg

Peut être équipé de la cabine AQUARIAN DE LUXE C
ou DE LUXE C + LF

Figure 9.10 – a) Receveur d'angle à poser en grès fin Toscana, Idéal Standard ;
b) Receveur en grès fin à poser extra large Summum, Idéal Standard

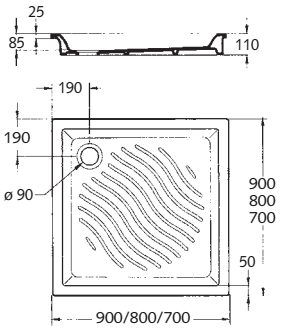
4.1 Règles de pose

Le receveur doit être posé à l'horizontale sur tous ses bords, il doit reposer au fond sur des pieds ou sur des cales (au moins 4) et sur les bords.

Les receveurs céramiques pourront être scellés au mortier maigre alors que les cales des receveurs acryliques ne devront être collés qu'avec de la colle de type MAP.

Dans tous les cas, un joint souple sera réalisé autour du receveur pour permettre la dilatation indépendamment des cloisons.

Il y a 3 types de poses : à encastrer, à poser, à poser surélevé, certains bacs à douches permettent les trois types de poses (figure 9.11).



SAN REMO

RECEVEUR
En grès émaillé.
Fond à relief.
Rebord large 5 cm.
Bonde ø 90 mm non fournie.
Hauteur 11 cm.
Profondeur 8,5 cm.

MODÈLES 3 POSES
A ENCASTRER, Á POSER, Á POSER SURÉLEVÉ.
Passage possible d'une évacuation 32 mm.
4 rebords émaillés.

RECEVEUR 90 x 90 cm NF
Poids : 49 kg

RECEVEUR 80 x 80 cm NF
Poids : 49 kg

RECEVEUR 70 x 70 cm NF
Poids : 49 kg

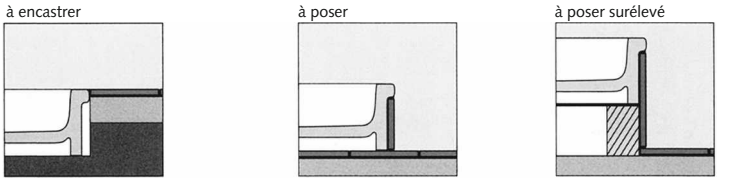


Figure 9.11 – Receveur San Remo en grès émaillé 3 poses, Idéal Standard

On retrouvera les recommandations de pose des receveurs de douches de l'Association française des industries de céramiques sanitaires (sché-

mas expliqués) dans de nombreux catalogues fabricants ainsi que sur le site www.salledebains.fr.

4.2 Douche à l'italienne

La douche « à l'italienne », directement intégrée dans le sol est de plus en plus employée depuis l'apparition de systèmes d'étanchéité complets intégrant les bandes antifissuration et des résine d'étanchéité que l'on utilise à la place du plomb. Ce système est très facile à mettre en œuvre, et ne nécessite pas les compétences indispensables à la réalisation d'une étanchéité à la feuille de plomb (pillage, façonnage, soudage, encastrement...). Il faut bien entendu respecter les recommandations de pose des membranes (figure 9.12).

©

Figure 9.12 – Douche à l'italienne

La technologie et l'esthétique des bondes et les siphons ont beaucoup évolué ces dernières années. Des bondes extra plates sont apparues ainsi que des bondes à gros débit adaptés au receveur de douches plat et aux installations multijets qui nécessitent un gros débit d'évacuation.

Il existe aujourd'hui 2 diamètres de bondes de receveur de douches : 60 et 90 mm.

Certains fabricants proposent des caniveaux que l'on place en bordure lorsque l'on réalise une douche à l'italienne, ou sont intégrés directement dans certains receveurs en matériaux de synthèse. Il est possible dans certains cas de réaliser un caniveau invisible (sous le doublage), l'eau s'évacuant par une fente prévue entre le sol et le mur (on gardera dans tous les cas une possibilité d'y accéder pour les opérations de nettoyage ou de débouchage de l'évacuation).

L'évacuation d'un receveur de douches est raccordée à la tuyauterie d'évacuation par un joint préformé ou un joint bourré au mastic ou à la résine synthétique ; une tuyauterie d'allure horizontale inférieure à 1 m peut être tolérée.

Le choix des accessoires est important, on trouve aujourd'hui les traditionnelles douchettes montées sur flexibles, les colonnes de douche, les colonnes multifonction avec jets de massage, les faux plafonds reproduisant la sensation de pluie...

4.3 Robinetteries de douches

Les robinetteries de douche standard ont un écartement de 150 mm et se posent à une hauteur de 110 cm ; on trouvera d'anciennes dimensions à 80 mm. Les robinetteries sont vendues avec des douilles contre-coudées pour rattraper un écart faible et permettre la mise au niveau de la robinetterie.

On trouve des mélangeurs, des mitigeurs, des colonnes de douche, des robinetteries encastrées…

On trouvera des mitigeurs ayant des débits de 20, 36 ou 60 l/min fonctionnant à une pression minimum de 2 bar (il faudra prévoir dans ce cas un vidage grande capacité).

La baisse du prix des mitigeurs thermostatiques rend leur usage plus fréquent. Ils permettent un confort et une économie d'eau plus importants.

4.4 Cabines de douches

On trouve un important choix de modèles allant de la cabine de douches premier prix à assembler soi-même à la cabine haut de gamme intégrant de multiples fonctions (multijets, hammam, sauna, luminothérapie, musique…, figure 9.13).

Certains modèles nécessitent des débits d'eau important, il conviendra de contrôler la pression disponible ainsi que la taille des tuyauteries alimentant l'ancienne robinetterie pour pouvoir garantir un débit suffisant sur l'installation (les constructeurs de cabines de douches précise les caractéristiques hydrauliques nécessaires pour le fonctionnement de leurs installations).

Pour le choix d'un hammam ou d'un sauna, une analyse de la qualité de l'eau sera indispensable pour planifier la maintenance.

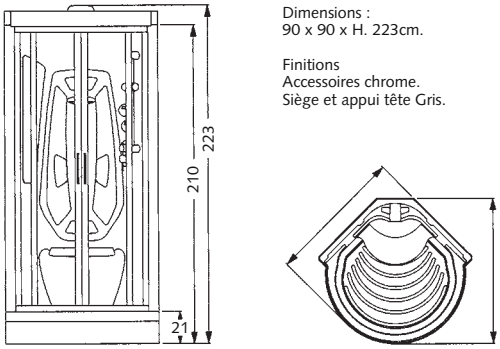


Figure 9.13 – Cabine de douches Idea 2,
Idéal Standard 90 × 90 × 223 cm équipée de 8 jets latéraux,
5 jets brumisateurs visage, 1 douchette de tête, une douchette de main,
possibilité : hammam, branchement audio…

5 Lavabos

Tous les matériaux et toutes les formes sont possibles (figure 9.14). L'installateur aura l'embarras du choix et devra se préoccuper dans son rôle de conseil des points suivants :

- le type d'usage (présence d'enfants, usage quotidien ou salle de bains pour chambres d'amis...) ;
- l'entretien (vasques en verre nécessitant un nettoyage quotidien...) ;
- la place disponible ;
- l'esthétique et le style souhaité (forme rétro, forme moderne...) ;
- la fixation sur la cloison.

a)

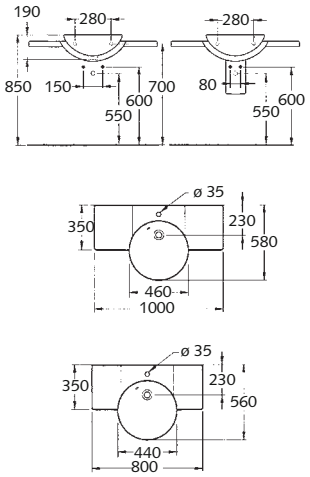
b)

Figure 9.14 – a) Vasque en verre sur meuble en teck
b) lavabo plan en grès fin Venice, Idéal Standard

Dans tous les cas, il faudra, lors du montage des robinetteries métalliques et des bondes sur les parties en verre ou en céramique, contrôler la présence de joints souples ou de bagues plastiques qui permettent d'éviter le contact direct du métal sur le sanitaire pour éviter la fissuration lors de serrage. Il faudra de plus respecter les cotes d'implantation des tuyauteries (écartement, hauteur, encastrement…) (figure 9.15).

La fixation réalisée sur le mur ou la cloison devra être adaptée à la nature du support.

Dans le cas notamment de cloisons en plaques de plâtre, il faudra prévoir un renfort (tasseau de bois) dans la cloison au moment de sa réalisation pour permettre la fixation du lavabo.



LAVABOS-PLANS
En grès fin.
Percés 1 trou central pour la robinetterie.
Fixation murale par 2 tire-fonds non fournis.

LAVABO 100 x 58 cm
Poids : 27,5 kg

LAVABO 80 x 56 cm
poids : 22 kg

A monter avec ou sans :

Cache-siphon, poids : 7,5 kg

Peuvent s'installer avec meuble (voir ci-dessous).

Figure 9.15 – Lavabo plan Vénice, Idéal Standard

On retrouvera les recommandations de pose des lavabos de l'Association française des industries de céramique sanitaires (schémas expliqués) dans de nombreux catalogues fabricants ainsi que sur le site internet www.salledebains.fr.

©

Dans la pratique

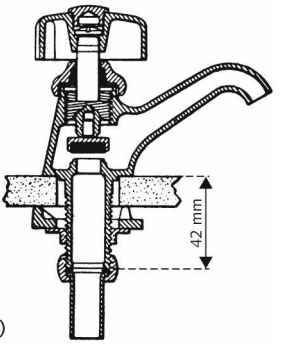
Les tuyauteries de vidange et d'alimentation seront laissées en attente avant la pose des lavabos :

- Alimentations : hauteur, 60 cm (cela peut varier de 55 à 65) ; écartement, 8 ou 15 cm.
- Évacuation : hauteur : 50 cm (cela peut varier de 46 à 56).

On trouve toutes les formes de vasques qui peuvent être posées, encastrées, intégrées dans un plan de travail, des bols à poser dans presque tous les matériaux.

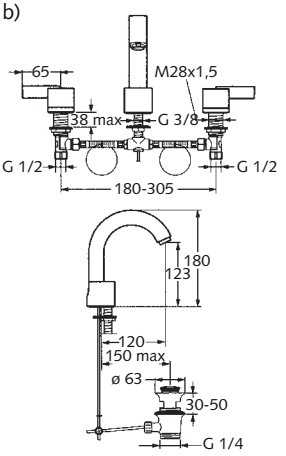
Dans le cas des bols sans trop-plein, la bonde ne peut pas être fermée pour éviter les risques de débordement.

On trouvera encore des robinets simples dans les installations de style rétro ou des robinetteries 2 ou 3 trous ainsi que des robinetteries surélevées pour les bols (figure 9.16).



a)

b)



LAVABOS
Mélangeur 3 trous.
Bec fixe avec aérateur.
Entraxe réglable de 180 à 305 mm.
Diamètre de perçage 33 mm pour le bec et 30 mm pour les corps latéraux.
Raccordement des corps latéraux au bec par flexibles.
Têtes 1/2" à disques céramique.
Saillie 120 mm.
Hauteur sous aérateur 123 mm.
Hauteur totale 180 mm.

Figure 9.16 – a) Montage d'un robinet simple ; b) Mélangeur Pearl Idéal Standard

Le vidage sera réalisé à l'aide d'une bonde à clapet commandée par une tirette ou d'une bonde à clapet automatique. Le siphon devra avoir une garde d'eau réglementaire d'au moins 5 cm.

On trouve encore des vidages à tirette indépendantes de la robinetterie (figure 9.17).

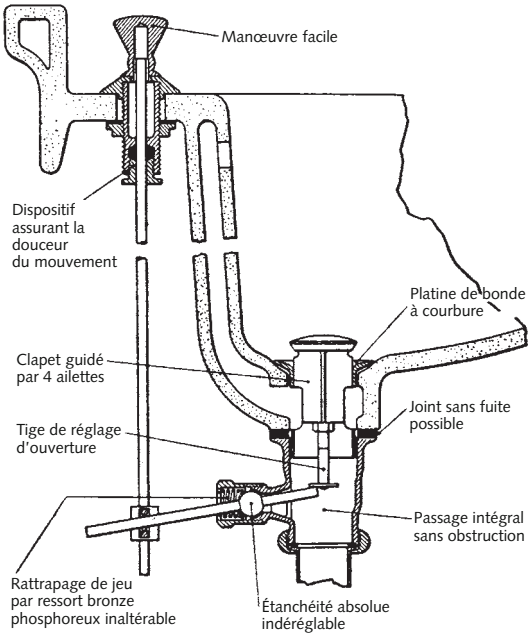


Figure 9.17 – Anciens vidages lavabo Idéal Standard

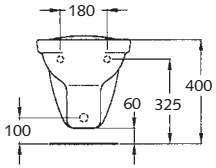
©

Pour les bols sans trop-plein, les vidages n'ont pas de clapet pour éviter le débordement (figure 9.18).

Figure 9.18 – Bols sans trop-plein

6 Bidets

On trouve encore dans de nombreuses salles de bains des bidets posés au sol (sur pied) ou suspendus. Ils sont fixés au sol par un kit de fixation intégrant une collerette plastique pour éviter le contact de la vis sur la porcelaine du bidet et un cache-vis ou suspendus au mur, fixés sur un support intégré à la cloison (figure 9.19).

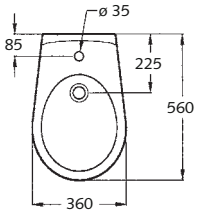


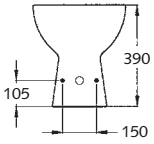
BIDET SUSPENDU
En porcelaine vitrifiée.
Percé 1 trou central pour la robinetterie.

BIDET SUSPENDU 56 x 36 cm NF
poids : 15 kg

A monter avec pair de tire-fonds à sceller non fournis,
ou bâti-support :

Bâti-support seul à encastrer.





BIDET SUR PIED
En porcelaine vitrifiée.
Percé 1 trou central pour la robinetterie.
Fixation au sol par 2 vis non fournis.

BIDET 53 X 35,5 CM NF
poids : 17,5 kg

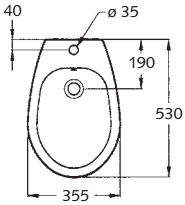


Figure 9.19 – Bidets :
a) Bidet sur pied et bidet suspendu Gemma, Idéal Standard

©

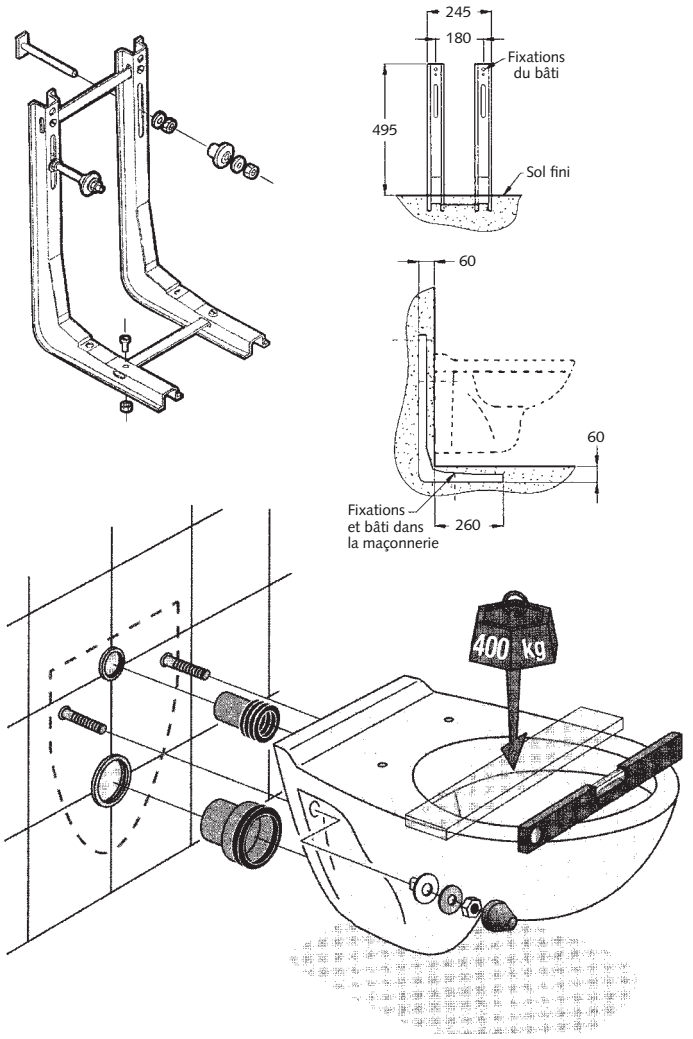


Figure 9.19 – Bidets *(suite)* : b) Bâti support pour bidet ou WC à fixer au sol (documentation Idéal Standard)

Les tuyauteries d'alimentation encastrées ne doivent jamais passer sous un bidet sur pied.

On laissera un espace de 3 à 5 cm entre le bidet sur pied et le mur ou entre le bidet suspendu et le sol pour permettre le nettoyage.

On trouve encore parfois des bidets pivotants dans les petites salles de bains, le mécanisme qui permet le mouvement du bidet est fixé au sol ou au mur, les alimentations et la vidange sont raccordés par des flexibles souples (figure 9.20).

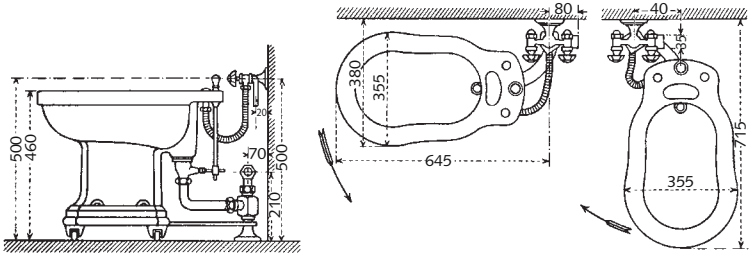
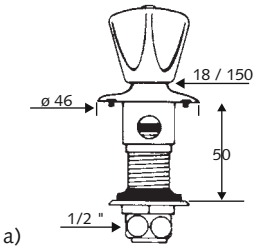
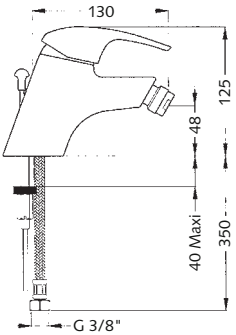


Figure 9.20 – Ancien bidet pivotant Idéal Standard

Les robinets sur gorge sont remplacés par des robinetteries avec bec déverseur, avec douchette ou avec un mousseur orientable. On trouvera des mélangeurs ou des mitigeurs monotrous, 2 ou 3 trous (figure 9.21).



a)



b) Bec fixe avec aérateur cascade à rotule.
Alimentation : flexibles inox 350 mm.
Débit : 12,6 l/mm sous 3 bars.

Figure 9.21 – a) Robinet sur gorge Delabie ;
b) mitigeur monotrou Ophelio Porcher

©

7 Lave-mains

Les lave-mains, de taille plus petite que les lavabos, s'installent dans les WC. Ils s'équipent de robinetteries murales ou sur gorge souvent identiques aux robinetteries pour bidet.

Les tuyauteries sont généralement apparentes, on préférera des robinetteries équipées de tuyauteries chromées pour une finition plus soignée.

Dans la pratique

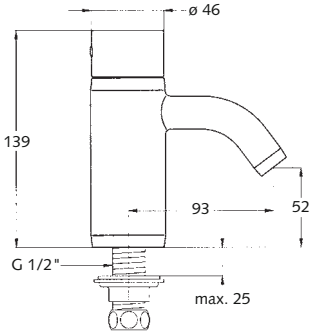
Il existe toutes les formes, toutes les tailles, tous les matériaux, tous les prix d'appareils sanitaires. Seule limite : l'imagination (et le budget).

8 Robinetteries sanitaires

Elles sont testées à une pression de 20 bar et ne doivent pas produire de bruits ou vibrations en fonctionnant à une pression comprise entre 3,5 et 4 bar pour une vitesse d'écoulement d'eau inférieure à 2 m/s.

8.1 Robinets simples

Ils sont filetés au pas gaz 15/21 et se fixent sur la tablette dans la céramique du bidet ou du lavabo ou sur une alimentation murale (figure 9.22).



ROBINET SIMPLE
Bec fixe avec aérateur.
Alimentation flexibles.
Saillies 93 mm.
Hauteur sous aérateur 52 mm.

Figure 9.22 – Robinet simple lavabo CéraMix Style, Idéal Standard

8.2 Robinets mélangeurs

Ils doivent permettre un mélange d'eau chaude satisfaisant pour des écarts de pression entre l'eau froide et l'eau chaude pouvant aller jusqu'à 2 bar.

- Mélangeur lavabo : raccords en 15/21 ou 12/17, la tige de commande du vidage doit être étanche.
- Mélangeur de baignoire : raccords en 15/21 ou 20/27, l'eau doit couler au fond ou sur la gorge de raccordement avec les parois (parties arrondies au fond de la baignoire).

8.3 Robinets mitigeurs

Équipés généralement de cartouches céramique, ils permettent à partir d'une seule poignée de commande de gérer l'ouverture de l'eau et le réglage de température (figure 9.23).

L'ouverture de la cartouche se déplace entre les arrivées d'eau froide et d'eau chaude. Le réglage de l'eau mitigée s'obtient à partir d'une position intermédiaire qui autorise la moitié du débit en eau froide et la moitié du débit en eau chaude. Le débit total ne change pas.

©

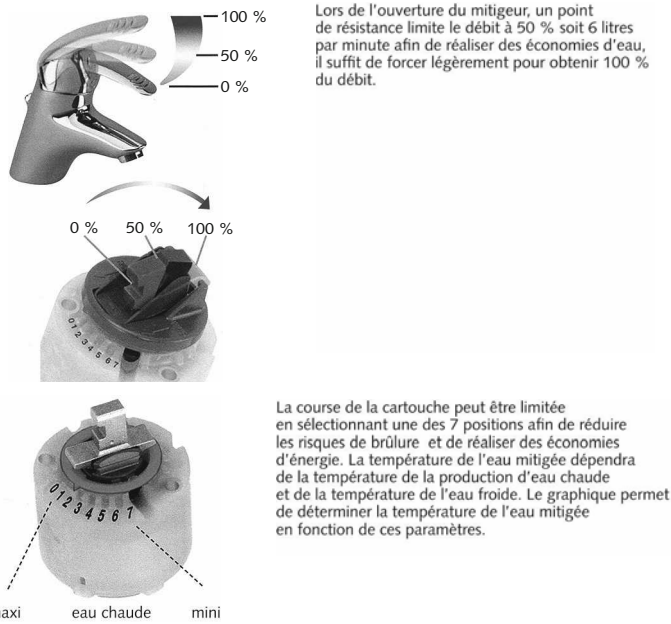


Figure 9.23 – Mitigeur de lavabo Porcher, détails des réglages de la cartouche

8.4 Robinets mitigeurs thermostatiques

Équipés de cartouches thermostatiques, ils permettent de régler la température à l'aide d'une poignée et le débit à l'aide de la deuxième poignée de commande (figure 9.24).

On trouve des mitigeurs thermostatiques pour les douches, les baignoires, les lavabos…

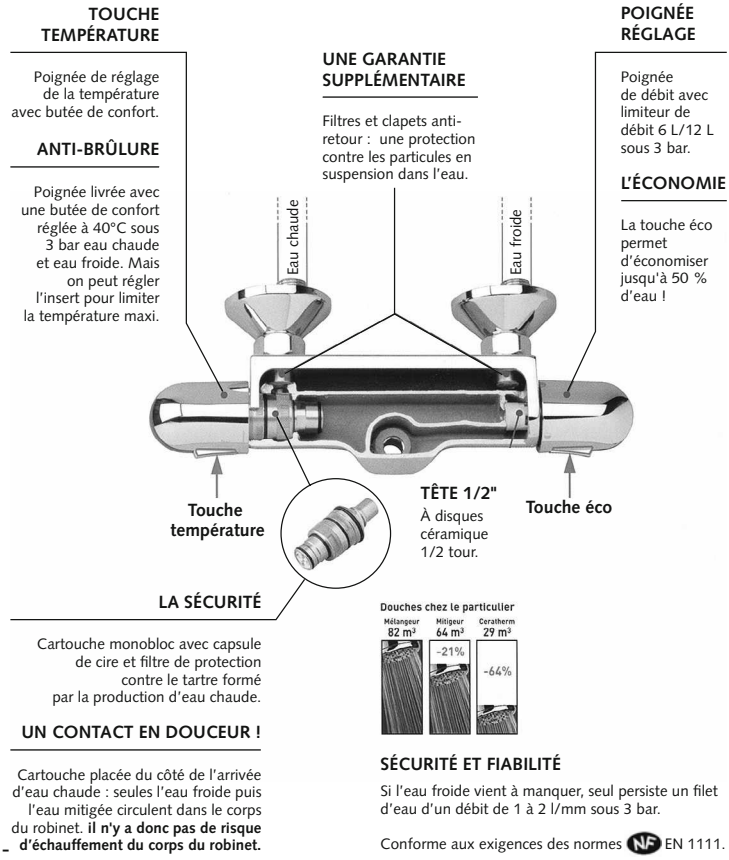


Figure 9.24 – Mitigeur thermostatique (documentation Idéal Standard)

L'utilisation de mitigeurs thermostatiques, dont les prix sont devenus abordables, permet de réaliser des économies d'eau (jusqu'à 64 % par rapport à un mélangeur).

©

9 Vidages et siphons

Tous les siphons d'appareils sanitaires doivent avoir une garde d'eau d'au moins 50 mm. Ils ont un diamètre sensiblement constant de 30 mm pour les lavabos et bidets et de 40 mm pour les éviers, bac à laver, cabines de douches.

Il existe de nombreux modèles de bondes, elles doivent toutes être associées à un dispositif de trop-plein (figure 9.25).

Pour les lavabos et bidets, les pertes d'eau dues aux fuites sur le joint d'étanchéité de la bonde ne doivent pas dépasser 0,1 l/min.

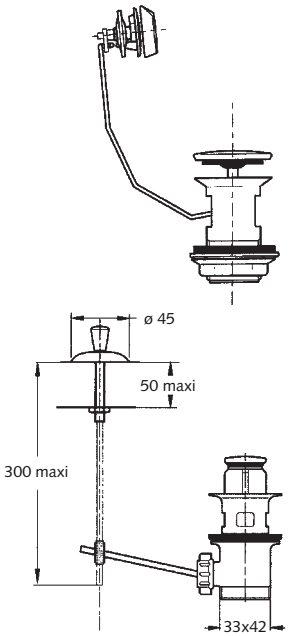
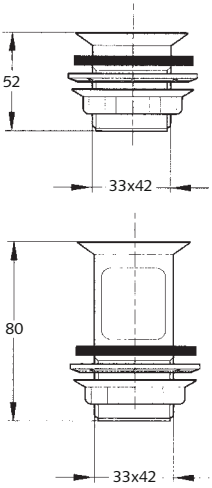


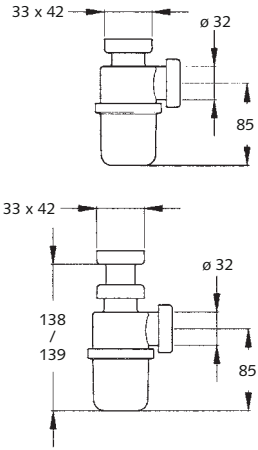
Figure 9.25 – a) vidage à clapet Porcher



Pour lave-mains et lavabos
sans trop-plein H. 52 mm.

Pour lavabos et lave mains avec trop-plein H. 80 mm.

Figure 9.25 – *(Suite)* b) bonde à grille sans trop-plein et bonde avec trop-plein (documentation Porcher)

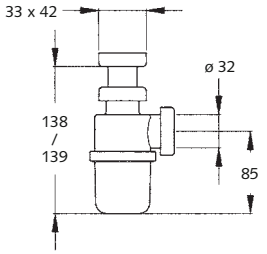


Siphon polypropylène blanc
Pour bidet.

Siphon polypropylène blanc
Réglable pour lavabo.

©

Figure 9.25 – *(Suite)* c) Siphons tubulaires



Siphon chromé
Sortie horizontale avec rosace coulissante.
Réglage pour lavabo.

Figure 9.25 – *(Suite)* d) Siphons à culot vertical (Porcher)

10 Cotes d'encombrement et disposition des appareils

Chaque appareil nécessite un espace minimum pour permettre une utilisation confortable. Il faudra veiller au sens ouverture des portes, notamment pour les toilettes ainsi qu'à l'espace nécessaire aux personnes âgées ou aux personnes à mobilité réduite en fauteuil roulant.

On trouvera ci-dessous quelques exemples d'implantation d'appareils sanitaires permettant un bon usage.

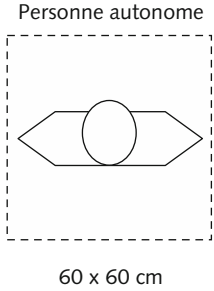


Figure 9.26 – Espace disponible devant un appareil

L'espace disponible devant un appareil doit être d'au moins 60 cm (figure 9.26). L'espace de confort devant une baignoire est plus important (figure 9.27).

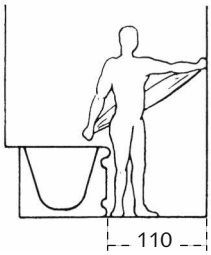


Figure 9.27 – Espace disponible devant une baignoire

L'espace disponible de chaque côté d'un appareil sanitaire doit être d'au moins 15 cm, et de 20 cm lorsqu'il se trouve contre un mur (figure 9.28).

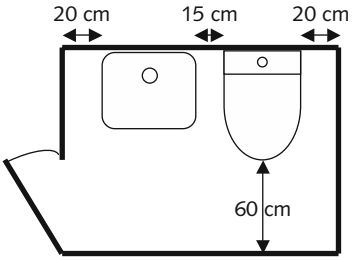


Figure 9.28 – Espace disponible de chaque côté d'un appareil sanitaire

Pour les personnes à mobilité réduite, l'espace doit être plus important (figure 9.29).

©

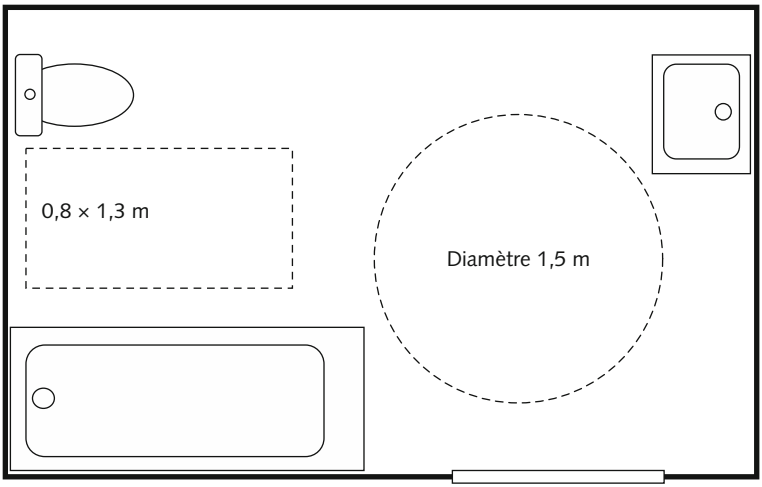


Figure 9.29 – Espace pour les personnes à mobilité réduite

On trouvera de plus grandes précisions dans le Neufert (*Les éléments des projets de construction*, 11e édition, Éditions Dunod, 2014).

De la même manière, on définit des positions d'usage pour les équipements d'une salle de bains.

- Hauteur lavabo : 80 cm, largeur 60 cm, profondeur 30 à 40 cm ;
- Hauteur WC : 50 cm ;
- Hauteur robinetterie douche : 90 à 130 cm et 40 cm d'un angle ;
- Miroir : partie basse à hauteur du lavabo, partie haute à 180 cm, à 40 cm d'un angle.

10
CUISINE

La réalisation des cuisines est un marché fortement concurrentiel, effectuée par des cuisinistes, des menuisiers, des entreprises tout corps d'état, des plombiers, des poseurs travaillant avec des grandes surfaces du bricolage...

La pose des meubles nécessite des compétences et un outillage spécialisé. De la même manière, la réalisation des parties techniques (eau, gaz, évacuation, électricité…) nécessite un savoir-faire particulier. L'installateur sanitaire a son rôle à jouer pour conseiller le client et réaliser une installation conforme et durable.

L'alimentation générale en eau se fait le plus souvent sous le meuble évier, on alimente ensuite les machines à laver, machine à glaçons, frigo américain... Cet espace accessible est malheureusement souvent l'endroit que choisit l'électricien pour placer sa boîte de dérivation. Il est donc souhaitable de préciser en début du chantier avec l'entreprise d'électricité les positions possibles pour les boîtes de dérivation (derrière la machine à laver, derrière le réfrigérateur...) pour éviter la proximité trop importante du réseau d'eau et du réseau électrique.

Il est souhaitable de connaître à l'avance les meubles et équipements choisis pour permettre la réalisation d'un réseau adapté à l'usage prévu.

La hauteur des meubles de cuisine se situe généralement entre 85 et 90 cm du sol. L'espace nécessaire devant chaque appareil pour permettre sa bonne utilisation est de 1,20 m à 1,50 m devant les fourneaux et 0,60 m à 0,75 m devant l'évier.

On trouvera des plans de travail situés plus bas pour permettre une meilleure utilisation, comme pour les plaques de cuisson, ce qui permet un meilleur contrôle du contenu des casseroles…

On trouve des plans de travail à hauteur adaptable manuellement ou électriquement en fonction de l'usage prévu.

Remarque

Il est important de réduire les distances entre les trois postes principaux d'une cuisine : évier, plaque de cuisson, réfrigérateur, afin de limiter les déplacements.

On trouve de plus en plus des îlots de cuisine qui intègrent la partie cuisson et la hotte d'aspiration, parfois même l'évier.

1 Raccordement des machines à laver

Le robinet d'arrêt de l'appareil doit toujours rester accessible, on le place généralement sous l'évier. Il est possible, lorsque la machine est trop éloignée, de réaliser une partie de la tuyauterie en cuivre jusqu'à l'emplacement prévu pour la machine afin de permettre le raccordement d'un flexible d'alimentation.

La tuyauterie de vidange ainsi que le haut du siphon doivent être placés à une hauteur minimum de 60 cm car, placés trop bas, ils empêchent le remplissage de la machine (qui se vide par siphonage au fur et à mesure du remplissage).

Si le flexible d'évacuation de la machine est fixé sur une douille de raccordement, il faut que la tuyauterie d'évacuation soit d'un diamètre suffisamment grand (40 mm) pour éviter l'effet siphon (figure 10.1).

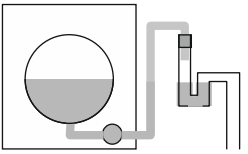


Figure 10.1 – Évacuation d'une machine à laver

2 Pose des éviers

Lorsque l'évier touche le mur, on préférera d'une manière générale réaliser un joint d'étanchéité qui sera recouvert par la suite par la faïence de finition (figure 10.2).

De la même manière, lorsque l'évier est encastré dans un plan de travail en bois, on prendra soin de réaliser sur la partie non visible en sous-face un joint d'étanchéité au silicone sanitaire entre la céramique et le bois pour éviter toute infiltration d'eau qui détériorerait le plan de travail.

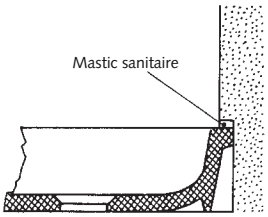
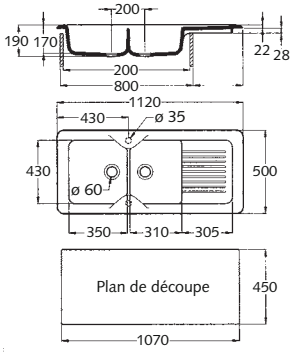


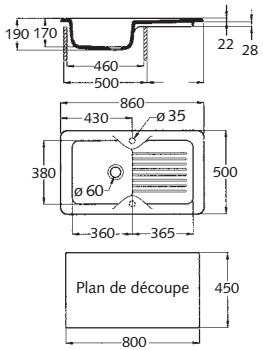
Figure 10.2 – Évier courant

Dans le cas de la pose d'éviers en acier inoxydable en cours de travaux, il faudra s'assurer de leurs protection pour éviter qu'ils ne soient endommagés par les autres corps d'état (par exemple : vidage de colle réalisé par les entreprises de peinture, d'acide utilisé par les carreleurs pour le nettoyage du sol…). Dans ce cas, on couvrira l'évier par des bâches plastiques, pour le condamner.

On trouvera des éviers 1, 1 ½, 2 cuves, des éviers d'angle, des éviers vasques (figure 10.3)…



En grès émaillé.
À encastrer.
Réversible.
Prépercé 1 trou ø 35 mm à l'avant et à l'arrière.
Trop-plein latéral à rapporter.
Fourni avec vidage manuel complet, Réf. : R4585.AA



En grès émaillé.
À encastrer.
Réversible.
Prépercé 1 trou ø 35 mm à l'avant et à l'arrière.
Trop-plein latéral à rapporter.
Fourni avec vidage manuel complet, Réf. : R4584.AA

Figure 10.3 – Éviers en grès émaillé Tango 1 et 2 cuves, Idéal Standard

3 Robinetteries d'évier

Comme pour les autres appareils sanitaires, il existe des mélangeurs ou des mitigeurs (figure 10.4). La présence de fenêtres devant les éviers a obligé les fabricants à proposer des robinetteries ayant un bec mobile pour permettre l'ouverture des fenêtres.

On trouvera des robinetteries avec douchette intégrée, des robinetteries murales, des mélangeurs monotrou, 2 ou 3 trous…

Les raccordements seront en flexibles 3/8 F ou en raccords 1/2 M, le jet doit couler au moins à 8 cm du bord de la cuve.

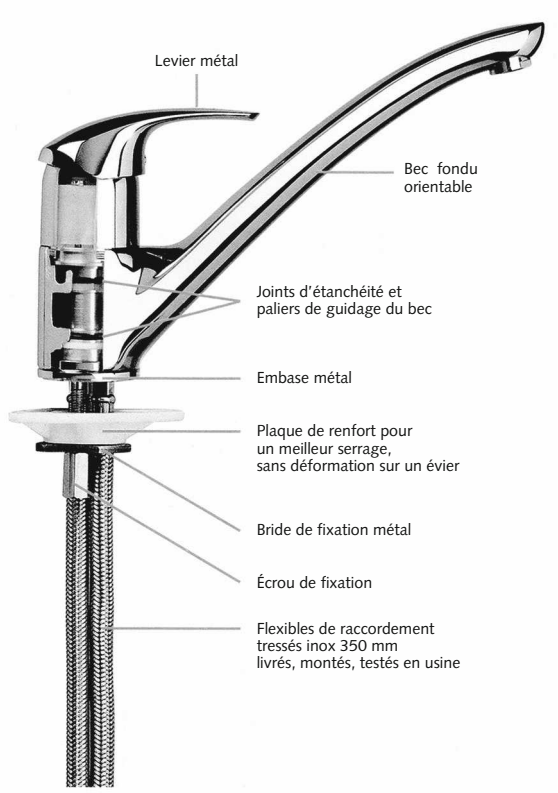
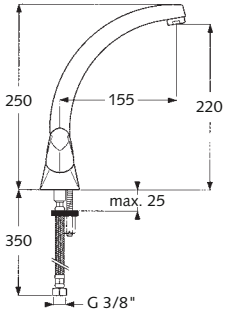
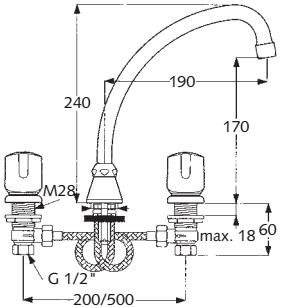


Figure 10.4 – Mélangeurs d'évier :
a) Coupe d'un mitigeur d'évier Porcher



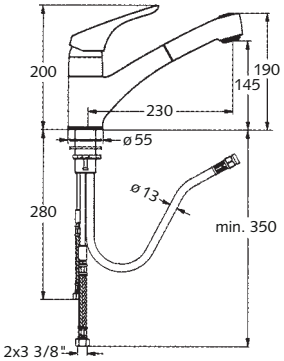
Bec orientable. Alimentation flexibles.
Plage d'encombrement ø 53mm.
Têtes 1/2" à disques céramiques.

Figure 10.4 – Mélangeurs d'évier *(suite)* :
b) Mélangeur évier Euroflow 3 trous, Idéal Standard



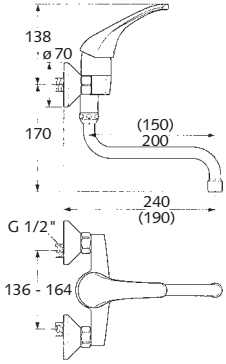
Bec orientable. Alimentation flexibles.

Figure 10.4 – Mélangeurs d'évier *(suite)* :
c) Mélangeur évier Euroflow monotrou, Idéal Standard



Bec orientable à douchette amovible bi-jets (moussant, pluie). Flexible 1,5 m.
Cartouche à 2 disques céramique avec limiteur de débit dévérouillable.
Rosace d'embase métal.
Plaque de renfort pour évier inox.
Saillie : 230 mm
Hauteur hors tout : 200 mm
Hauteur sous aérateur : 145 mm

Figure 10.4 – Mélangeurs d'évier *(suite)* :
d) Mélangeur évier Cerasprint à douchette, Idéal Standard



Mitigeur mural 1/2".
Bec orientable.
Manette longue 110 mm. Avec raccords muraux.
Entraxe 150 ± 14 mm.
Saillie : 240 mm dont bec 200 mm.
Hauteur hors tout : 306 mm.
Débit : 15 l/m sous 3 bars.

Figure 10.4 – Mélangeurs d'évier *(suite)* :
e) Mélangeur évier Cera B 50 mural, Idéal Standard

4 Broyeur d'évier

On trouvera en service des broyeurs d'évier, ils fonctionnent sur le même principe que les broyeurs sanitaires. Une lame broie finement les déchets alimentaires pour les évacuer (avec l'eau) à l'égout (figure 10.5). Le broyeur se raccorde sur un siphon, le moteur se situe en partie basse.

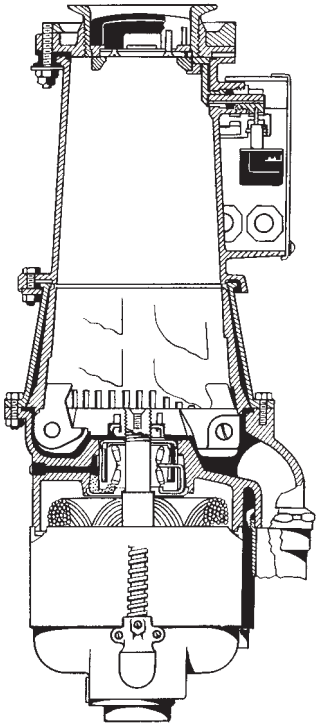


Figure 10.5 – Broyeur en coupe

5 Plaque de cuisson au gaz

Lors de la réalisation de l'alimentation en gaz d'une plaque de cuisson, il convient de respecter la réglementation gaz en vigueur. De nombreuses non-conformités des installations sont dues au mauvais positionnement du robinet d'arrêt de commande d'appareils qui doit dans tous les cas rester accessible.

Le robinet d'arrêt, le ROAI (robinet à obturation automatique intégrée) ou le DDS (détendeur déclencheur de sécurité), de manière à être facilement accessible, doit être placé :

- à une hauteur comprise entre 10 et 170 cm , et entre 90 et 130 cm dans les logements neufs pour permettre l'accès aux personnes à mobilité réduite ;
- à une distance de l'appareil inférieure à 80 cm ;
- à une distance inférieure à 60 cm derrière une porte de placard.

Il existe des dérogations à ces dispositions.

Dans tous les cas, le robinet doit être bouchonné lorsqu'il n'est pas raccordé.

On distingue 3 catégories de flexibles :

- les tuyauteries flexibles caoutchouc, garantis 5 ans pour le gaz en réseau – NF 36.100 ;
- les tuyauteries flexibles armature plastique armé, garantis 10 ans – NF 36.103 et NF 36.112 ;
- les tuyauteries flexibles métalliques, à vie – NF 36.121 et NF 36.125.

5.1 Raccordement

Le raccordement d'une **plaque de cuisson** doit être réalisé par une tuyauterie rigide (cuivre), il est admis par flexible dans les cas suivants :

■ Gaz naturel

- Présence d'un ROAI obligatoire.
- Tuyau flexible NF D 36.100 durée de vie 5 ans, visitable.
- Tuyau flexible NF D 36.103 durée de vie 10 ans, visitable.
- Tuyau flexible métallique NF D 36.121 durée de vie non limitée, visitable.

■ Propane

- Présence d'un DDS obligatoire.
- Tuyau flexible XP D 36.112 durée de vie 10 ans, visitable.
- Tuyau flexible métallique NF D 36.125 durée de vie non limitée, visitable.

L'utilisation d'un tuyau souple XP D 36-110, durée de vie 5 ans, n'est autorisé dans les **installations existantes** que lorsque les embouts (tétines) ne sont pas démontables, en remplacement d'un flexible existant, il doit être visible et visitable.

■ Butane

- Présence d'un DDS obligatoire.
- Tuyau souple XP D 36.110 durée de vie 5 ans, visitable
- Tuyau flexible XP D 36.112 durée de vie 10 ans, visitable
- Tuyau flexible métallique NF D 36.125 durée de vie non limitée, visitable

5.2 Cas particulier de la cuisinière gaz

La **cuisinière gaz** devra être raccordée par un tuyau d'alimentation flexible (**le raccordement par une tuyauterie rigide est interdit**) qui devra vérifier les conditions suivantes :

■ Gaz naturel

- Présence d'un ROAI obligatoire.
- Tuyau flexible NF D 36.100 durée de vie 5 ans.
- Tuyau flexible NF D 36.103 durée de vie 10 ans.
- Tuyau flexible métallique NF D 36.121 durée de vie non limitée.

L'utilisation d'un tuyau souple NF D 36.102 durée de vie 5 ans n'est autorisée que dans les installations existantes.

■ Propane

- Présence d'un DDS obligatoire.
- Tuyau flexible XP D 36.112 durée de vie 10 ans, démontable.
- Tuyau flexible métallique NF D 36.125 durée de vie non limitée, démontable.

L'utilisation d'un tuyau souple XP D 36-110 n'est autorisée que dans les installations existantes.

■ Butane

- Présence d'un DDS obligatoire.
- Tuyau souple XP D 36.110 durée de vie 5 ans, démontable.
- Tuyau flexible XP D 36.112 durée de vie 10 ans, démontable.
- Tuyau flexible métallique NF D 36.125 durée de vie non limitée

Les flexibles doivent être marqués selon la norme NF D 36-112.

Remarque

Les appareils de cuisson ont un filetage en 1/2, ainsi que les robinets et accessoires en gaz naturel, les robinets et accessoires GPL (Butane, Propane) ont un filetage en 20 × 150. Il faudra dans tous les cas contrôler la compatibilité du filetage des raccords (car il est possible de visser un écrou 1/2 sur un filetage 20 × 150 en forçant, dans ce cas l'installation n'est pas conforme et il y a un risque de fuite).

6 Cuisines collectives et cuisines industrielles

Les cuisines collectives se trouvent généralement dans des locaux recevant du public. Elles font l'objet d'une réglementation particulière qui ne sera pas développée dans le présent ouvrage. Les appareils de cuisson ou de lavage utilisés sont des appareils professionnels qui auront des caractéristiques techniques particulières (alimentation en eau chaude pour les lave-vaisselle, diamètre d'évacuation plus important...).

Pour les installations gaz, une vanne de barrage doit être installée dans chaque cuisine ainsi qu'un arrêt d'urgence.

La ventilation ou l'extraction dépendront de la puissance des fourneaux installés. Chaque cuisine collective ou industrielle devra faire l'objet d'une étude particulière.

Si cette étude a été réalisée par un cabinet d'architecte ou un bureau d'études, l'installateur pourra utiliser le cahier des charges. Mais bien souvent il engage sa responsabilité sur la conformité de l'installation qu'il va réaliser (le bureau d'études émettant des réserves sur le respect des réglementations en vigueur par les entreprises qui réalisent des travaux). Il convient donc de vérifier si l'étude et donc le cahier des charges fourni respecte bien toutes les règles de l'art et les réglementations en vigueur.

Il est souhaitable de travailler avec un constructeur d'équipements pour cuisine professionnelle qui garantira la conformité des équipements installés et réalisera les plans d'implantation, l'installateur n'aura plus qu'à réaliser le raccordement des appareils.

7 Ventilation

Comme les salles de bains, la cuisine doit être ventilée par une ventilation naturelle ou une ventilation mécanique.

La présence d'un appareil gaz (plaque de cuisson, chauffe-eau, chaudière…) nécessite la vérification de la conformité gaz de l'installation.

Remarque

Un appareil à tirage naturel ne peut pas être installé dans une pièce ayant une hotte aspirante raccordée sur un conduit évacuant sur l'extérieur. La hotte doit être à recyclage interne.

Il est fortement déconseillé d'installer un appareil à tirage naturel (chauffe-eau gaz, chaudière) dans un logement équipé d'une VMC car il faudrait garantir les conditions de tirage du conduit d'évacuation des gaz brûlés (DTU 61.1). Le NF DTU 68.3 impose d'installer l'appareil dans un local non soumis à la VMC, le règlement sanitaire départemental précise que les dispositifs mécaniques sont interdits.

11
WC ET APPAREILS DE CHASSE

Les appareils normalisés sont les suivants :

- **Cuvette de W-C** en céramique : NF EN 33 et NF EN 997.
- **Abattants** (norme NF D 12-207). En bois vernis ou en matière plastiques, ils doivent résister à la flexion, aux chocs et aux produits d'entretien.
- **Réservoir de chasse** (NF D 12-203). Contenance ou marque du fabricant.
- **Chasse haute :** la partie basse de la chasse doit se situer à 1,5 m du haut de la cuvette.

Les réservoirs doivent avoir une contenance en eau d'au moins 6 litres pour permettre un écoulement convenable dans les tuyauteries d'évacuation.

On trouvera différents types de WC que l'on pourra classer en fonction de différents critères :

Le type de pose :

- cuvettes fixés au sol,
- WC suspendu,
- WC à la turque.

Le type de réservoir ou d'appareil de chasse :

- les réservoirs hauts,
- les réservoirs bas fixés à la cuvette,
- les réservoirs encastrés ou en gaines techniques,
- les robinets de chasse,
- les réservoirs à compression d'air.

Le mode d'évacuation :

- les WC à chasse directe,
- les WC à action siphonique,
- les WC broyeurs.

1 Règles de raccordement

D'une manière générale, aucun joint ne doit être réalisé dans un mur ou plancher à l'exception des joints de pipe de raccordement des cuvettes de WC.

- Lorsque le raccord est démontable, il doit rester accessible.
- Lorsque le raccordement est direct entre l'appareil et la tuyauterie d'évacuation, l'assemblage peut être réalisé au moyen d'un joint préformé, d'un joint réalisé au mastic ou à la résine synthétique.
- Dans tous les cas, le joint ne doit pas être à une profondeur supérieure à 10 cm du sol fini.
- Pour les sièges à la turque, tout type de joint peut être réalisé, une tuyauterie unique ne dépassant pas 1 m peut être autorisée.

D'une manière générale, on évitera le raccordement sur les colonnes à 90° pour préférer un raccordement à 30 ou 45° (figure 11.1).

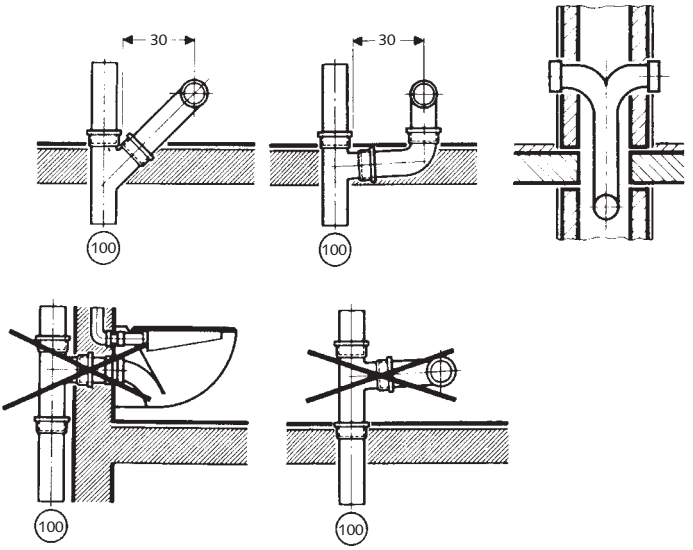


Figure 11.1 – En haut, bons montages. En bas, rayés, montages à ne pas employer s'il y a des appareils situés au-dessus de la cuvette que l'on raccorde, leurs eaux pouvant s'y répandre accidentellement

2 WC posés au sol

2.1 Cuvettes

On trouve différents modèles de cuvettes.

■ Cuvettes indépendantes

Pour réservoirs hauts, réservoirs indépendants ou robinets de chasse (figures 11.2 et 11.3). Elles se raccordent à la chasse à l'aide d'un joint spécialement conçu pour réaliser l'étanchéité entre le tube PVC et la cuvette. Elles seront à évacuation arrière horizontale ou verticale ou à évacuation cachée.

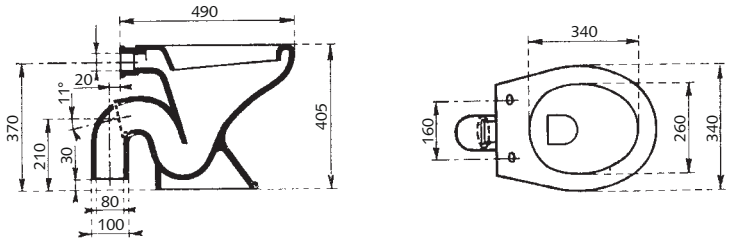
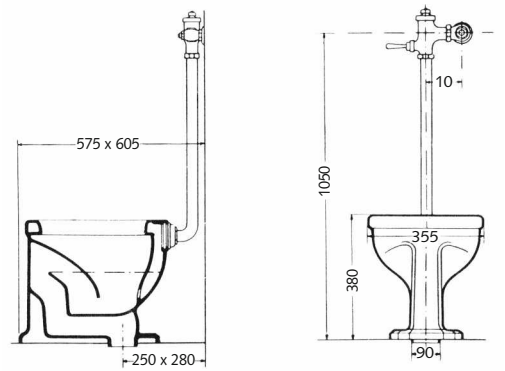


Figure 11.2 – Modèle de cuvette très courant, fonctionne avec un réservoir haut ou robinet de chasse



© **Figure 11.3 –** Cuvette Modernus à action siphonique avec robinet de chasse

■ Les cuvettes avec réservoir attenant

La chasse est fixée à la cuvette à l'aide d'un kit de fixation de chasse comprenant des boulons, écrous papillons et des joints d'étanchéité.

La chasse est généralement spécialement fabriquée pour un modèle de cuvette donné mais il existe des chasses universelles capables de s'adapter à la majorité des cuvettes.

On trouve des réservoirs de chasse avec tube de trop-plein intégré (figure 11.4).

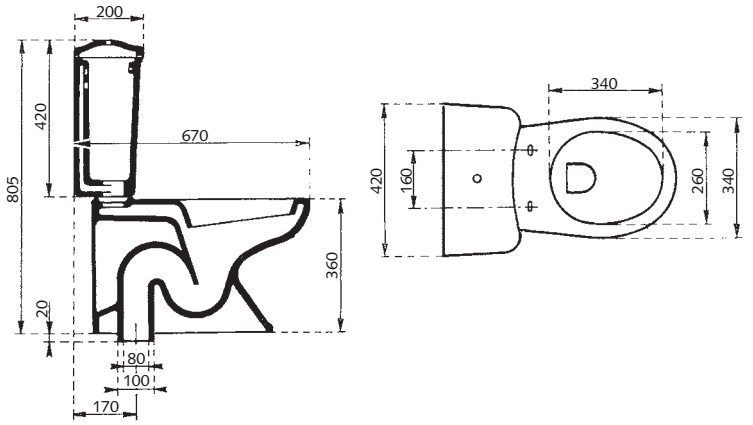


Figure 11.4 – Réservoir bas sur cuvette à chasse directe

2.2 Pose des cuvettes

Les cuvettes se fixent au sol à l'aide de 2 ou 4 vis de fixation à collerettes en plastique pour éviter le contact direct entre le métal et la porcelaine.

La fixation au mortier est interdite car elle rend la cuvette indémontable. Un joint au silicone sanitaire doit être réalisé entre l'appareil et le sol. Pour les cuvettes indépendantes, on laissera l'écartement nécessaire entre la cuvette et le mur pour la pose de la tuyauterie de raccordement de la chasse. Pour les cuvettes avec réservoir attenant, on laissera un espace de 5 à 10 mm entre la chasse et le mur pour éviter la transmission des bruits solidiens.

La tuyauterie d'évacuation de la cuvette sera raccordée sur une pipe d'évacuation en plastique comprenant un joint à lèvre large. Cette pipe sera droite ou coudée selon le type de cuvette.

Dans tous les cas, il faudra, lors de la réalisation des tuyauteries d'évacuation, tenir compte des cotes de raccordement de la cuvette.

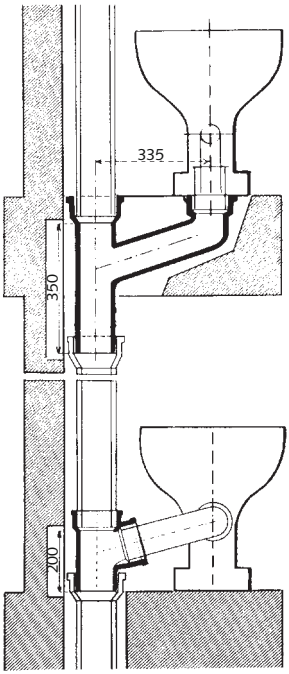


Figure 11.5 – Tuyauterie d'évacuation

3 WC suspendus

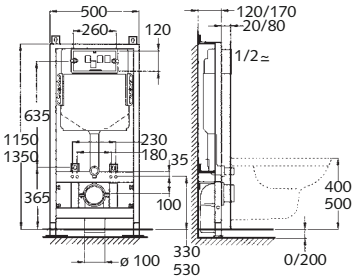
La baisse des prix a rendu les systèmes suspendus très courants dans les installations domestiques.

Un bâti-support est fixé au mur ou sur le sol (bâti autoportant), il comprend une structure métallique capable de supporter 400 kg dans laquelle est intégré le réservoir de chasse.

Lorsque la cloison n'est pas capable de supporter le poids du WC suspendu (c'est généralement le cas de toutes les cloisons ayant une épaisseur inférieure à 10 cm), on préférera utiliser un bâti-support autoportant (figure 11.7d).

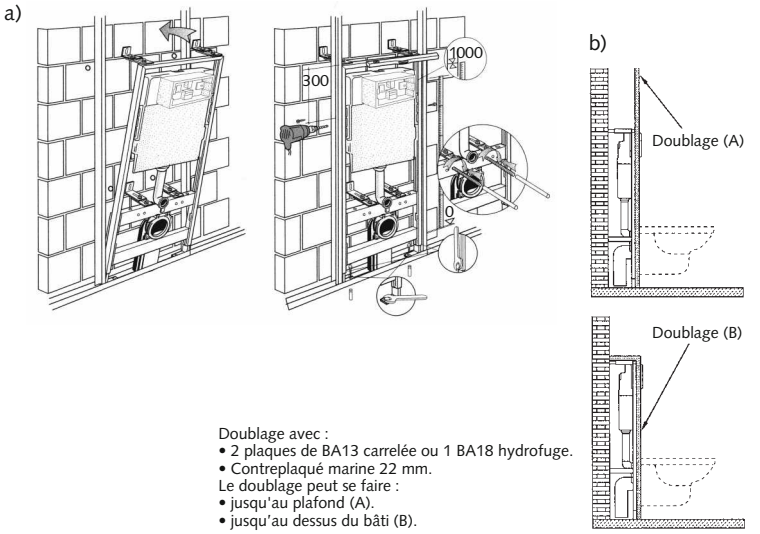
©

Une fois installé, l'accès au mécanisme de chasse reste possible par la trappe de commande (figure 11.6).



Pré-montés, livrés avec une plaque double commande et 2 manchons de raccordement.

Figure 11.6 – Bâti-support Idéal Standard



Doublage avec :
- 2 plaques de BA13 carrelée ou 1 BA18 hydrofuge.
- Contreplaqué marine 22 mm.

Le doublage peut se faire :
- jusqu'au plafond (A).
- jusqu'au dessus du bâti (B).

Figure 11.7 – Pose d'un bâti-support (documentation Idéal Standard) : a) et b) sur mur porteur

La cuvette est surélevée par rapport au sol de 4 cm pour permettre un nettoyage plus facile, aucune tuyauterie n'est visible. La hauteur du WC doit être comprise entre 38 et 50 cm du sol fini (figure 11.7b). Le bâti support se fixe au mur, il peut être entièrement habillé (jusqu'au plafond) ou simplement autour du bâti support. L'habillage minimal est réalisé à l'aide d'un BA 13 hydrofuge recouvert de carrelage ou d'un panneau bois médium 16 mm.

Une pose est possible en cloison sèche, il faut dans ce cas la renforcer pour résister à la charge, la fixation se fait par le côté (figure 11.7c).

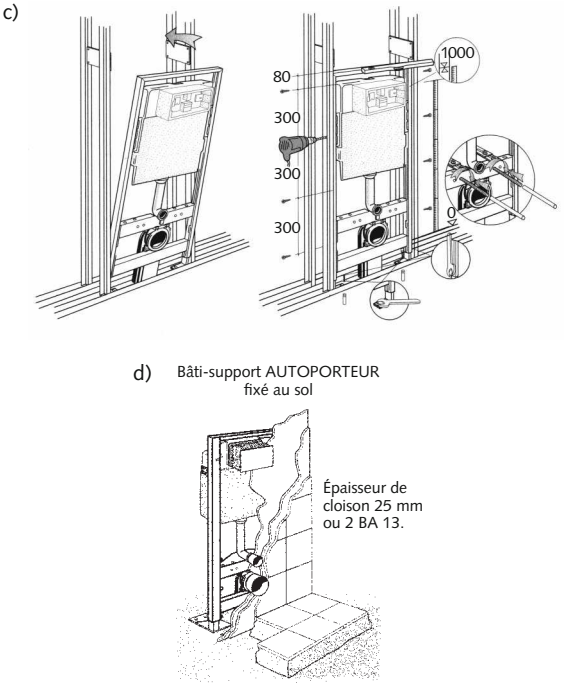


Figure 11.7 – Pose d'un bâti-support (documentation Idéal Standard) : c) sur cloison sèche ; d) Fixation uniquement par le sol d'un bâti support autoportant

©

La figure 11.8 donne un exemple de WC suspendu.

Figure 11.8 – Cuvette suspendue et bati support KHEOPS (documentation Idéal Standard)

4 WC à la turque

Les WC à la turque sont utilisés dans certains lieux publics, dans les campings… (figure 11.9). Le raccordement à la tuyauterie d'évacuation est réalisé au moment de la pose par un joint au mastic.

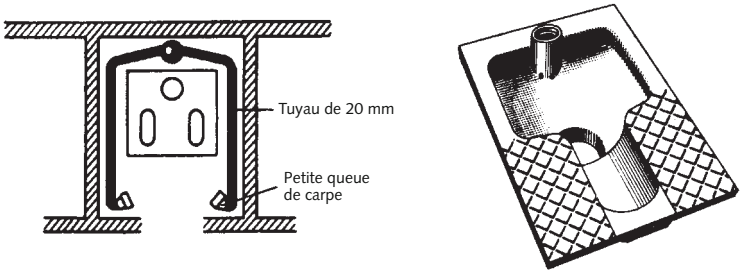


Figure 11.9 – WC à la turque

Généralement équipés de réservoirs hauts, l'extrémité de la tuyauterie est équipée d'un diffuseur en queue de carpe qui permet à l'eau de nettoyer toute la surface du WC.

5 Réservoirs ou appareils de chasse

Il existe de nombreux types de réservoirs et mécanismes de chasse. Le principe est généralement toujours le même : constituer une réserve d'eau (3 à 10 l) qui permettra, le moment venu, le nettoyage et l'évacuation du contenu de la cuvette, et le bon écoulement dans les tuyauteries d'évacuation.

5.1 Réservoirs hauts

Les réservoirs, anciennement en fonte, aujourd'hui en plastique, permettent, grâce à la différence de hauteur entre le réservoir et la chasse, de créer un effet d'eau permettant le nettoyage et l'évacuation du contenu de la cuvette (figure 11.10).

Le tube de chasse doit avoir un diamètre de 30 ou 35 mm selon la hauteur (35 mm lorsque le réservoir est situé à une hauteur inférieure à 1,65 m par apport à la cuvette).

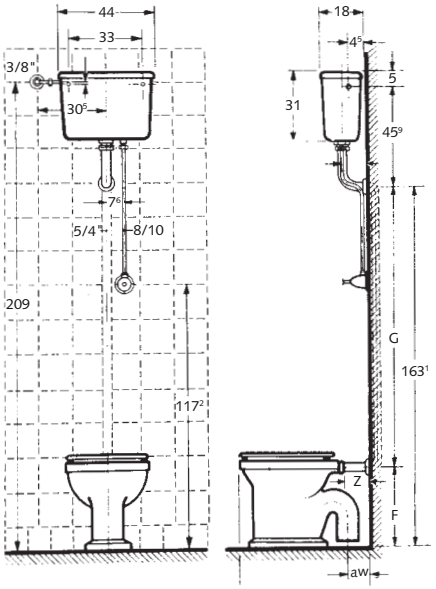


Figure 11.10 – Réservoir haut Geberit à commande par bouton poussoir, cotes en cm

©

■ Réservoirs en fonte

On trouvera encore de nos jours des réservoirs en fonte en service. Voici leur principe de fonctionnement.

Les réservoirs en fonte sont équipés d'une cloche qui se soulève lorsque l'on tire sur la chaîne de la tirette. Le clapet en caoutchouc (A sur la figure 11.11) repose sur la sortie de chasse (G). Le poids du siphon assure l'étanchéité.

Lorsque l'on soulève le siphon, l'eau pénètre dans la tuyauterie d'écoulement. Lorsque l'on relâche la chaîne et que le siphon retombe sur son siège, l'eau contenue dans la colonne de chasse provoque en s'écoulant l'aspiration de l'air contenu dans le siphon et amorce celui-ci, l'écoulement continue jusqu'à ce que l'air entre à nouveau et désamorce le siphon (S).

Le robinet flotteur permet le remplissage du réservoir.

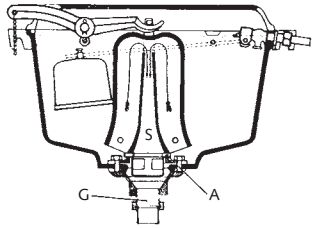


Figure 11.11 – Réservoir en fonte

Il est souvent préférable d'installer un guide-chaîne qui force le tirage à s'effectuer verticalement car bien souvent la cloche « saute » et ne retombe pas sur son siège quand le tirage a été fait de travers.

■ Réservoirs en matière plastique

Les réservoirs de chasse peuvent être réalisés en matière plastique, ils sont généralement isolés pour éviter la condensation et le bruit. Une chaîne ou un poussoir permet d'actionner le mécanisme de chasse (figure 11.12).

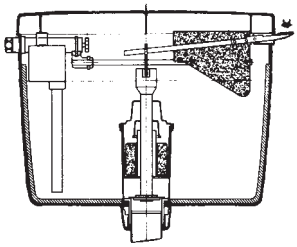


Figure 11.12 – Réservoir Geberit 10 litres en matière plastique à isolation anticondensation et antibruit

■ Réservoirs incongelables

Pour éviter le gel, on trouvera ce type de réservoir qui est généralement vide et ne se remplit qu'au tirage de la chaîne. Le vidage se fait de matière automatique. Lorsque le niveau d'eau atteint le flotteur, celui-ci soulève le mécanisme de chasse et condamne le robinet d'alimentation (figure 11.13).

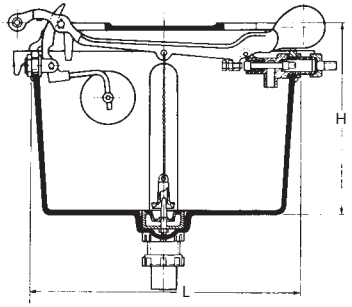


Figure 11.13 – Réservoir incongelable Durenne

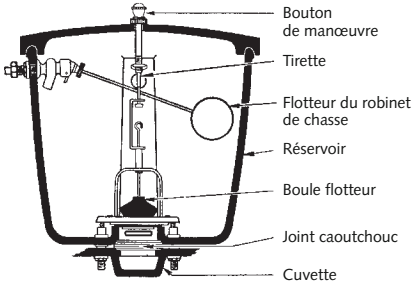
©

5.2 Réservoirs bas fixés à la cuvette

Le diamètre de passage entre le réservoir et la cuvette est important, ce qui permet de réduire les pertes de charge et de maintenir l'effet d'eau souhaité. Ils sont plus silencieux que les réservoirs hauts (figure 11.14).

L'alimentation du robinet flotteur se fait par le dessous ou par le côté.

a)



b)

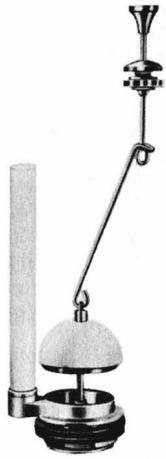


Figure 11.14 – Mécanisme de réservoir de chasse bas : a) Société Générale de Fonderie ; b) Cloc-toc

Il existe de nombreuses sortes de mécanismes de chasse : à tirette, à poussoir, double chasse, sans contact… Il faudra dans tous les cas respecter les règles de montage préconisées par le constructeur.

Tous les mécanismes seront équipés d'un tube de trop-plein permettant d'éviter le débordement de la chasse en cas de fuite du robinet flotteur. Cette surverse est parfois intégrée dans la chasse.

Les robinets flotteurs utilisent l'effet de levier décrit dans le mémento technique (chapitre 1) : le flotteur situé à l'extrémité d'une tige métallique permet au mécanisme d'exercer une pression sur l'arrivée d'eau lorsque le niveau monte ce qui provoque la fermeture l'alimentation de la chasse (figure 11.15).

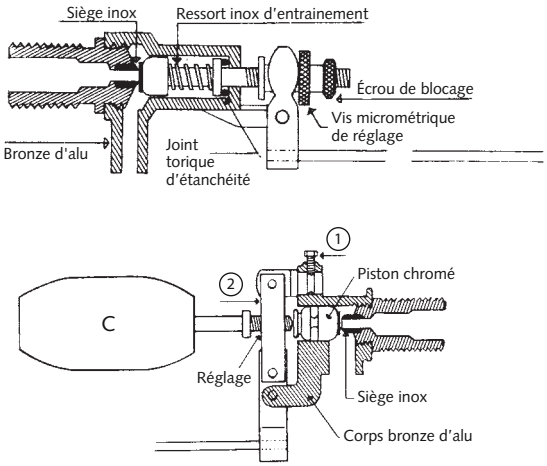


Figure 11.15 – Flotteurs Delabie

Des robinets flotteur silencieux permettent le remplissage des réservoirs sans sifflement. La fermeture est progressive, ce qui évite le coup de bélier que l'on peut entendre dans tout le bâtiment.

5.3 Réservoirs encastrés ou en gaines techniques

On trouvera des modèles de WC ayant des réservoirs de chasse encastrés ou situés en gaine technique pour des raisons esthétiques ou dans les lieux recevant du public pour éviter une dégradation des mécanismes. Les cuvettes seront généralement fixées au mur (figure 11.16).

©

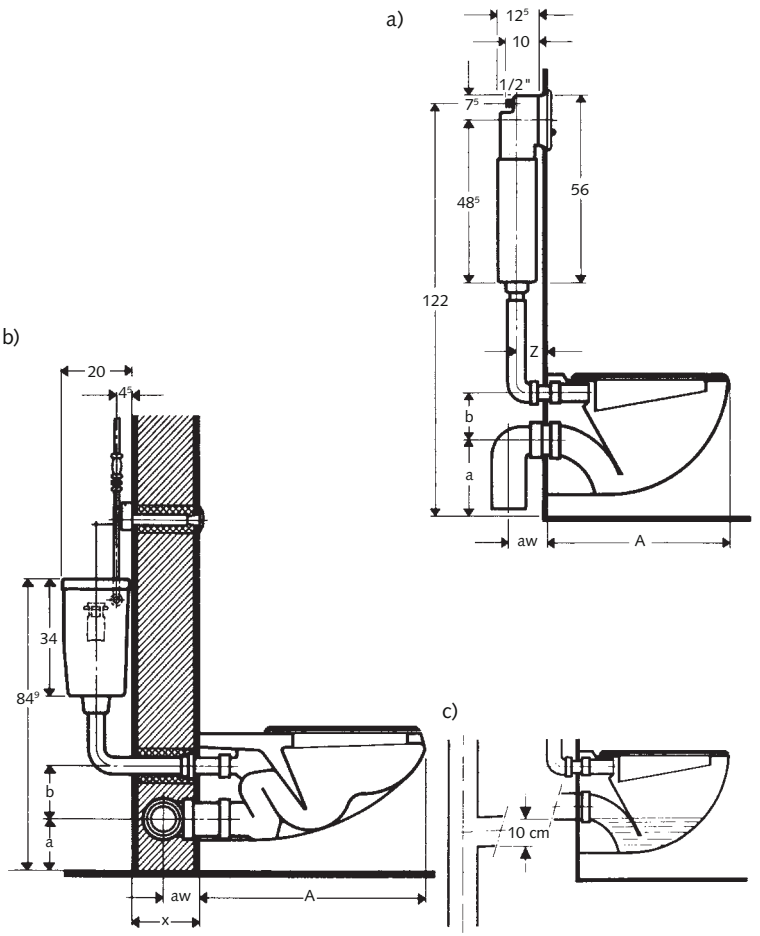
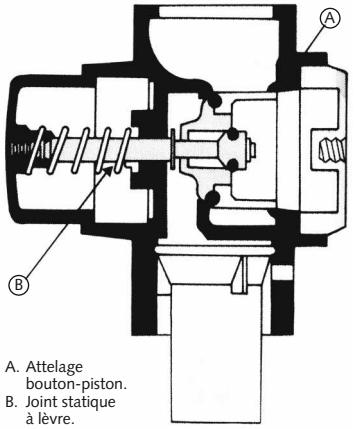


Figure 11.16 – Cuvettes Geberit : a) réservoir encastré ; b) réservoir encastré à poussoir ; c) raccordement sur une chute

5.4 Robinets de chasse

Appelées valves de chasse, elles doivent avoir une pression d'alimentation d'au moins 0,5 à 0,7 bar (figure 11.17). Pour réduire le bruit, on utilisera des colliers isophoniques et on placera les robinets de chasse dans des gaines techniques avec une commande à distance. La pression ne devra pas être trop importante.

La tuyauterie de raccordement devra au moins avoir le même diamètre que celui du robinet.



a) b)

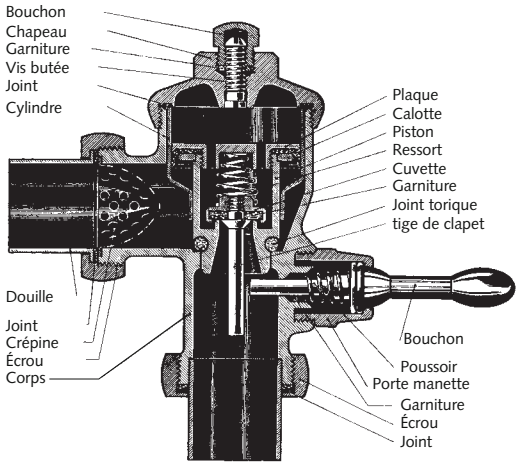


Figure 11.17 – a) Valve Presto ; b) Robinet de chasse compact Frisquet

Pour le calcul des coefficients de simultanéité, on se reportera au chapitre 6, Distribution intérieure.

©

Ces robinets sont souvent utilisés dans les ERP.

5.5 Réservoirs à compression d'air

On trouve des réservoirs à compression d'air appelé trombes de chasse d'un volume de 10 à 20 l. Un réservoir d'air est comprimé par l'eau sous pression. Lorsque le mécanisme de chasse est actionné, l'eau est libérée et poussée par l'air comprimé.

De forme allongée, ce réservoir est moins large que les réservoirs classiques et peut s'installer dans des endroits plus exigus.

Ce sont des mécanismes bruyants.

6 Modes d'évacuation

Le contenu d'une cuvette peut être évacué de différentes manières.

6.1 WC à chasse directe

Le contenu de la cuvette est évacué par un siphon et une tuyauterie de même diamètre que la tuyauterie d'évacuation. L'effet d'eau provoqué par la chasse permet l'évacuation du contenu de la cuvette et le renouvellement de l'eau du siphon.

L'évacuation se fait par le dessous de la cuvette, par l'arrière à l'horizontale ou à la verticale.

6.2 WC à action siphonique

Dans les WC à action siphonique, l'évacuation du contenu de la cuvette est provoquée par l'écoulement de l'eau dans une tuyauterie d'un diamètre inférieur qui va créer une aspiration et permettre le vidage du siphon, c'est le cas de certains WC Porcher.

Ce type de WC ne peut donc pas se raccorder sur une tuyauterie d'un diamètre 100 mm qui ne permettrait pas de créer une aspiration. Une pipe à boule doit être installée à la sortie de l'appareil pour permettre le fonctionnement de l'effet siphon (figure 11.18).

Le niveau d'eau dans la cuvette monte, ce qui permet de remplir le siphon, lorsque celui-ci se vide, l'eau s'écoule dans la tuyauterie de diamètre réduit ce qui provoque l'aspiration du contenu de la cuvette ; un « tourbillon se forme dans la cuvette ».

Il faudra faire attention lors du remplacement d'un WC à action siphonique de contrôler le diamètre de la tuyauterie d'évacuation car on trouve

parfois des tuyauteries en plomb de diamètre réduit (75) ayant des longueurs importantes.

Si c'est le cas, et que le remplacement de la tuyauterie n'est pas possible, le WC à chasse directe devra être raccordé lui aussi à l'aide d'une pipe à boule pour créer un effet siphonique et permettre son évacuation. L'utilisation de simples réductions serait la source de nombreux débouchages en perspective.

Figure 11.18 – Évacuation WC à action siphonique

©

6.3 WC broyeurs

Le broyeur est intégré à l'appareil ou indépendant, il permet d'installer un WC dans n'importe quelle pièce, l'évacuation s'effectue sous l'effet de la pompe à l'aide d'une tuyauterie 20 ou 32 mm équipée d'un clapet anti-retour sur une hauteur pouvant atteindre 4 m et sur une longueur pouvant aller jusqu'à 100 m.

Le principal défaut de ce type d'appareil est la présence de lames qui se bloquent en présence de fibres (tampons hygiéniques) et oblige le démontage et le nettoyage de l'appareil.

Il existe des appareils à effet cyclonique qui n'ont pas de lames, le mouvement de l'eau permet de désagréger les matières fécales et de les évacuer sur une tuyauterie de diamètre plus petit.

6.4 WC secs

La démarche développement durable a remis à l'ordre du jour les WC secs. Les excréments sont recueillis dans un récipient et recouverts de sciure de bois (il n'y a donc pas d'eau). Le récipient doit être vidé régulièrement et mis en compost sur plusieurs mois, certains modèles sont équipés de cuves permettant une visite d'entretien annuelle.

Dans la pratique

En rénovation, il faut porter une attention particulière au remplacement des WC à action siphonique (de la marque Porcher), qui peuvent être raccordés sur des tuyauteries de faible diamètre incompatibles avec les WC classiques.

6.5 WC sans odeurs

Pour optimiser la ventilation des WC et réduire les odeurs, la société SIAMP a imaginé un dispositif breveté SPINAIR qui permet de raccorder la chasse d'eau au système de ventilation de la maison.

Une tuyauterie est raccordée entre la gaine de ventilation et le tube de trop-plein du mécanisme de chasse par une pièce qui assure l'étanchéité. Une partie du débit de ventilation passe alors par la cuvette et aspire les odeurs avant même qu'elles ne se répandent dans la pièce. Le dispositif est rincé à chaque usage, il ne produit pas de nuisance (bruit, surconsommation…).

Pour plus d'informations : www.siamp.com, il existe aussi d'autres systèmes moins simples à mettre en œuvre.

12
SANITAIRES DES COLLECTIVITÉS

1 Appareils

1.1 Généralités

Les sanitaires des collectivités sont soumis à rude épreuve, les formes seront adaptées à l'usage. On trouvera chez les différents fabricants des conseils de choix.

La pente des tuyauteries d'évacuation recommandée est de 5 cm/m, les hauteurs de pose recommandées sont données dans le tableau 12.1.

Tableau 12.1 – Hauteurs de pose recommandées

Appareils	Pose standard (cm)	Pose pour accès fauteuil roulant (cm)
WC	40	48
Lavabo	80	80 à 85

Pour les maternelles, la hauteur des lavabos sera de 50 cm ; pour les enfants elle sera de 60 cm.

L'espace minimum disponible devant un appareil ou pour le déplacement est défini pour les personnes autonomes (figure 12.1).

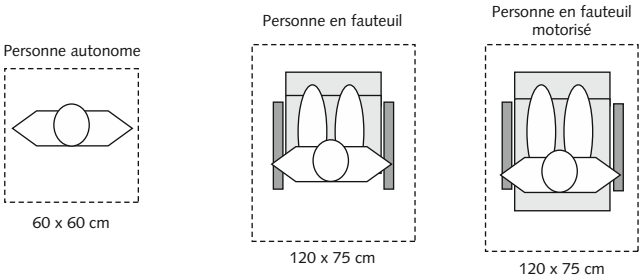


Figure 12.1 – Espace minimum disponible devant un appareil

L'espace nécessaire pour le retournement d'un fauteuil roulant est au minimum un cercle de 1,50 m et 2,10 m pour plus de confort.

Il existe un large choix de modèles.

1.2 WC et sièges à la turque

On trouvera les mêmes modèles de WC que pour les WC domestiques, ainsi que des modèles adaptés aux enfants et aux handicapés (figure 12.2).

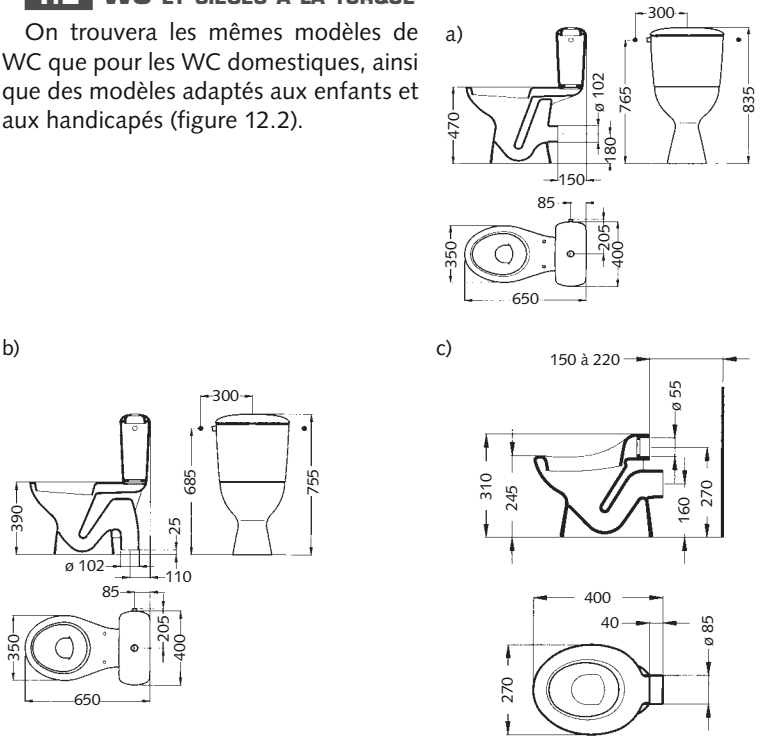


Figure 12.2 – Cuvettes Ulysse 2 Porcher :
a) rehaussée à sortie horizontale ; b) à sortie verticale ;
c) cuvette crèche

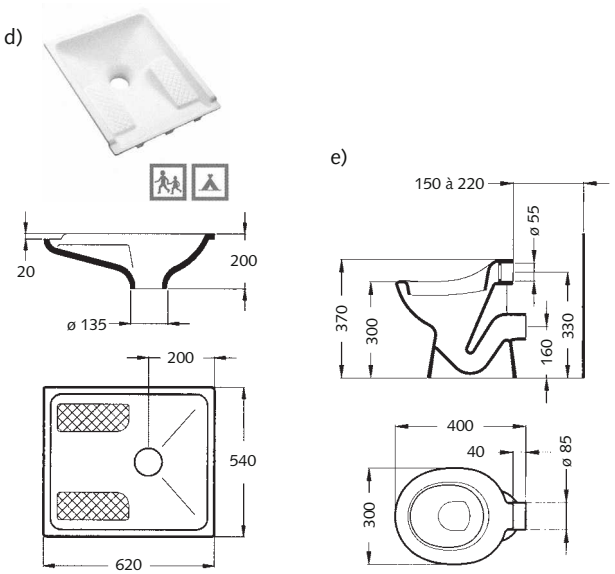


Figure 12.2 – Cuvettes Ulysse 2 Porcher *(suite)* :
d) siège à la turque Turco, Porcher
e) cuvette maternelle à hauteur réduite,
à équiper d'une chasse basse ou d'un robinet de chasse encastré ¾

1.3 Urinoirs

On trouvera des urinoirs posés en stalle ou individuels. Les stalles d'urinoirs sont posées sur un caniveau avec évacuation intégrée (figure 12.3).

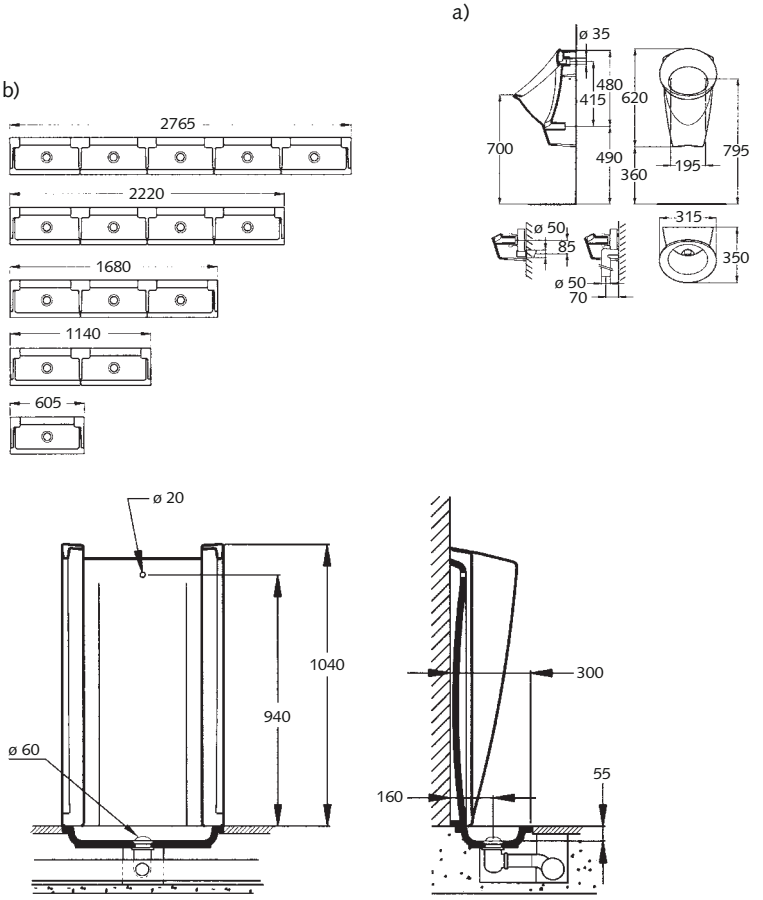


Figure 12.3 – a) Urinoir à action siphonique ; b) stalle d'urinoir Idéal Standard

Les diamètres d'évacuation ne doivent pas être sous-dimensionnés ; on utilisera du 50 ou 60 mm pour les siphons et au moins du 60 ou du 80 pour les collecteurs.

Le rinçage des urinoirs peut s'effectuer par chasse automatique (figure 12.4 ; dispositif en voie de disparition car il consomme beaucoup d'eau même lorsque les urinoirs ne sont pas utilisés) ou par détection infrarouge individuelle ou collective.

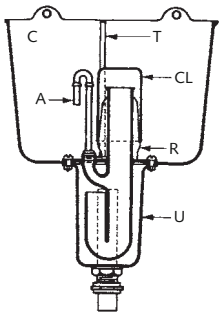


Figure 12.4 – Réservoirs de chasse automatique

Les réservoirs de chasse automatique s'emploient aussi dans les installations collectives ou pour les tuyauteries ayant une faible pente et qui nécessitent des chasses de lavage régulières.

Ils fonctionnent « à la goutte », c'est-à-dire que le robinet qui les alimente coule à très faible débit. En réglant le robinet pour un débit déterminé, on obtient des chasses régulières espacées dans le temps. Les chasses automatiques peuvent avoir des contenances de 10 à 500 l. Lorsque la chasse se remplit et que l'eau atteint le niveau de débordement du siphon, celui-ci s'amorce et vidange entièrement la chasse. Ces chasses automatiques sont remplacées par des chasses commandées par des cellules photo-électriques ou infrarouges.

La société Porcher propose des urinoirs sans eau équipés d'une cartouche contenant un liquide occlusif permettant 7 000 utilisations avant son remplacement (soit l'équivalent de 17 m³ d'eau). Ce système permet sur une année, sur la base de 2,5 l pour 6 utilisations par heure, 7 jours sur 7, 365 jours par an, une économie de 131 m³ par urinoir (figure 12.5).

Les urinoirs sont raccordés uniquement à la vidange, l'absence d'eau permet d'éviter l'entartrage des canalisations d'évacuation et de réduire les mauvaises odeurs dues au mélange eau-urine. L'urinoir se nettoie à l'aide du même produit de nettoyage que les urinoirs classiques.

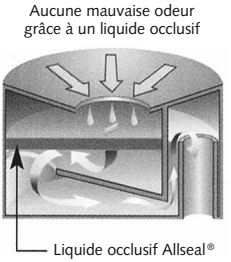
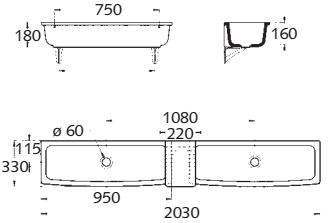


Figure 12.5 – Cartouche Aridian pour urinoir sans eau, Porcher

1.4 Lavabos collectifs

En plus des lavabos et vasques, on trouve des lavabos collectifs à poser sur consoles, avec ou sans dosseret. Les robinetteries sont posées indépendamment sur une sortie murale ou sur une rampe de distribution (figure 12.6).



En grès fin. Hauteur 16 cm.
Fixation murale par 2 tire-fonds non fournis.

Figure 12.6 – Lavabos collectifs Idéal Standard

Pour les écoles, on pourra installer des lavabos collectifs circulaires dont l'alimentation s'effectue par le centre à l'aide d'une tuyauterie en acier (figure 12.7).

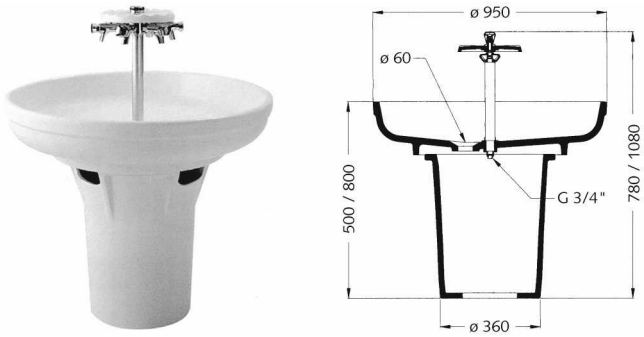


Figure 12.7 – Lavabo circulaire Porcher pour écoles et collectivités

Les lavabos pour personnes en fauteuil roulant ont des formes adaptées pour permettre un usage plus facile (figure 12.8).

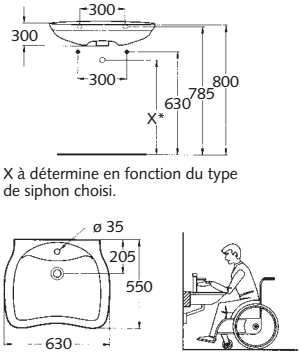


Figure 12.8 – Lavabo pour personnes à mobilité réduite Idéal Standard

2 Robinetteries

Les robinetteries équipant les collectivités doivent pouvoir subir des montées en température prolongées lors de la désinfection des réseaux sanitaires dans le cadre de la lutte contre les légionelles.

2.1 Robinetteries temporisées

Dans un souci d'économie d'eau, on utilisera des robinetteries temporisées, la temporisation est fixée par la norme NF EN 816 :

- 15 s ± 5 s pour les lavabos ;
- 30 s + 5 s – 10 s pour les douches.

Le réglage s'effectue à l'aide d'une clé Allen.

Les robinets temporisés permettent de fractionner le puisage et de contrôler le débit. L'économie réalisée est de 60 à 70 % sur la consommation d'eau (figure 12.9).

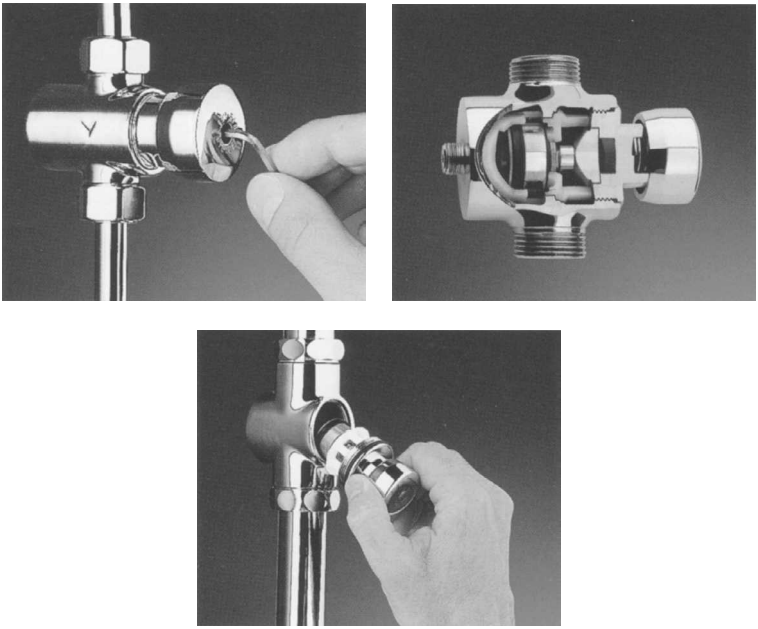


Figure 12.9 – Robinetterie temporisée Delabie

Partout où cela sera nécessaire, on installera des robinetteries temporisées à détection automatique, elles permettent d'améliorer l'hygiène des sanitaires (figure 12.10).

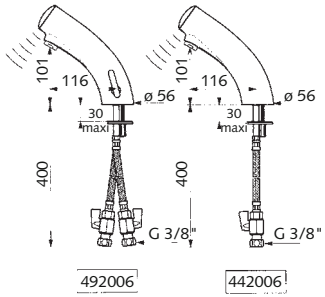


Figure 12.10 – Mitigeur temporisé Tempomatic Mix 3 Delabie

Les robinetteries pourront être équipées de dispositifs antivandalisme.

2.2 Robinetteries thermostatiques

L'arrêté du 30 novembre 2005 relatif à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, des locaux de travail ou des locaux recevant du public définit les températures minimales pour limiter les risques liés au développement des légionelles et les températures maximales pour limiter le risque de brûlures.

- La température en tout point du système de distribution doit être supérieure ou égale à 50 °C (à l'exception des tubes de raccordement des points de puisage).
- Les tubes de raccordement des points de puisage ne doivent pas contenir plus de 3 l d'eau.
- La température à la sortie des équipements de production d'eau chaude doit être en permanence supérieure à 55 °C.
- La température à l'intérieur des équipements de stockage d'eau chaude doit être à une température suffisante au moins une fois par 24 heures : 2 min à 70 °C, 4 min à 65 °C ou 60 min à 60 °C.
- La température maximale de l'eau au point de puisage est de :
  - 50 °C dans les pièces destinées à la toilette ;
  - 60 °C dans les autres pièces ;
  - 90 °C avec une signalisation particulière dans les cuisines collectives.

Le risque de brûlures s'accroît avec la température :

- à 50 °C, on se brûle en 7 secondes, on se brûle au troisième degré en 1 min 40 s ;

- à 60 °C, on se brûle au troisième degré en 1 à 2 s pour un enfant, en 5 s pour un adulte (source : centre des brûlés CH Saint-Joseph-et-Saint-Luc de Lyon).

L'utilisation de mitigeurs thermostatiques permet la gestion des températures sur le réseau de distribution. Ils sont généralement équipés de sécurités antibrûlures qui coupent l'alimentation d'eau chaude sanitaire en cas d'interruption de l'alimentation d'eau froide et permet de limiter mécaniquement la température maximale de sortie.

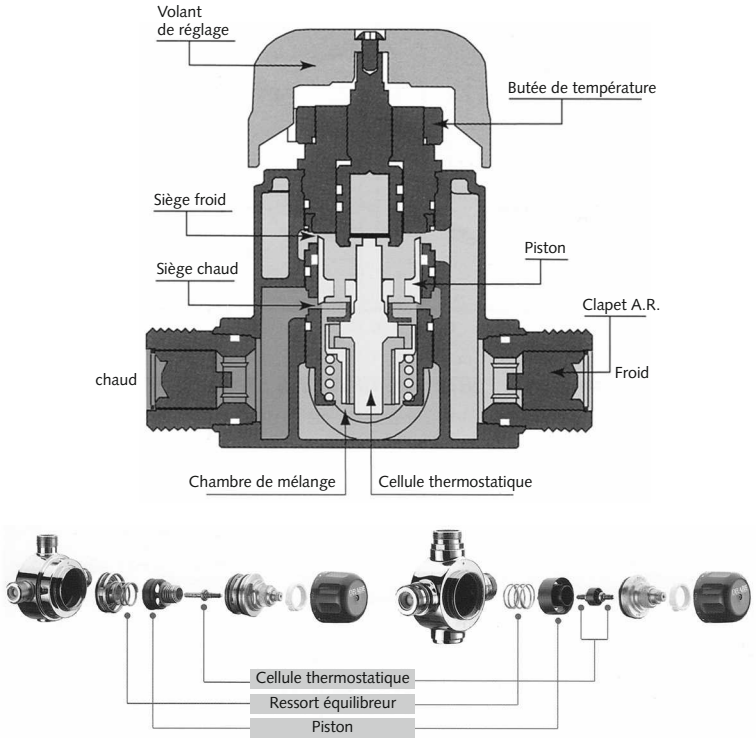


Figure 12.11 – Cellule thermostatique Delabie

La cellule thermostatique située dans la chambre de mélange se dilate et se rétracte en fonction des variations de température, elle entraîne le piston qui règle les entrées d'eau chaude et d'eau froide (figure 12.11).

Si la température augmente, la cellule se dilate et pousse le piston vers le bas ce qui réduit le passage d'eau chaude et augmente le passage d'eau froide.

Si la température diminue, la cellule se rétracte, le piston est poussée vers le haut par le ressort équilibreur ce qui limite le passage d'eau froide et augmente le passage d'eau chaude.

Si l'alimentation d'eau froide est coupée, la cellule se dilate et l'arrivée d'eau chaude est fermée, l'écoulement est stoppée pour éviter tout risque de brûlure.

Les entrées d'eau chaude et d'eau froide sont équipées de clapets anti-retour.

Lorsqu'il y a des enfants en bas âge, on préfère régler le mitigeur à 42 °C pour limiter les risques de brûlure (lorsque le volume d'eau des tuyauteries situées après le mitigeur ne contient pas un volume d'eau supérieur à 3 litres).

Dans la pratique

L'usage des sanitaires des collectivités est souvent ponctuel : il est indispensable d'en tenir compte dans le dimensionnement des alimentations et des évacuations.

13
ÉVACUATION DES EAUX USÉES EAUX PLUVIALES

Les eaux usées sont d'une manière générale les eaux qui, ayant servi, sont évacuées à l'extérieur de l'habitation. Ces eaux sont collectées dans les différentes pièces d'eau (cuisine, salle d'eau, WC, salle de bains...), évacuées dans les étages par les conduites verticales appelées chutes ou descentes, puis collectées dans les caves ou sous-sol dans des tuyauteries d'un diamètre plus important appelées collecteurs.

1 Généralités

La réalisation des réseaux d'évacuation devra entre autres être conforme aux DTU 60.1, 60.11 et au règlement sanitaire départemental type.

1.1 Vocabulaire

Pour plus de compréhension, il est nécessaire de définir le vocabulaire suivant.

Chute : canalisations verticales utilisées pour l'évacuation des eaux usées.

Chute d'eaux ménagères : canalisation verticale utiliséespour l'évacuation des lavabos, bidets, éviers…

Chute unique : canalisation verticale utilisées pour l'évacuation des WC et des eaux ménagères, ce système doit faire l'objet d'un avis technique.

Collecteur d'appareils : canalisation d'allure horizontale raccordant les appareils sanitaires ou tuyaux de chute.

Collecteur principal : canalisation d'allure horizontale recueillant les différentes chutes et tuyaux de descente d'un bâtiment pour les amener à l'égout public.

Descente : canalisation verticale utilisée pour évacuer les eaux de pluie.

Eaux ménagères : l'ensemble des eaux provenant des salles de bains, cuisine, lavabo… (sauf les WC).

Eaux pluviales : eaux provenant de toiture et des surfaces imperméables.

Eaux usées : l'ensemble des eaux provenant des habitations (eaux ménagères et eaux-vannes). Sur les plans de bâtiments, toutes les eaux (on notera EU) sauf les eaux-vannes (EV).

Eaux-vannes : eaux provenant des WC, on distingue parfois les eaux noires (eaux usées avec matières fécales) et les eaux grises (eaux usées sans matières fécales).

Égout : canalisations ou galeries souterraines permettant une évacuation des eaux usées vers la station de traitement.

Garde d'eau : hauteur d'eau dans les siphons, elle doit être d'au moins 50 mm.

Réseau d'assainissement : ensemble des ouvrages et réseaux d'égouts assurant le transport des eaux usées et/ou de ruissellement vers une installation de traitement.

Réseau séparatif : réseau d'assainissement comportant deux canalisations, l'une pour les eaux usées, l'autre pour les eaux de surface (eaux pluviales, eaux de ruissellement). On parle aussi de réseau séparatif ou de réseau d'évacuation à chute séparée pour distinguer les systèmes ayant deux colonnes d'évacuation (une pour les eaux usées, une pour les eaux-vannes) des systèmes à chute unique.

Réseau unitaire : réseau d'assainissement conçu pour transporter à la fois des eaux usées et les eaux de surface dans une même canalisation (ce type de réseau a pour désavantage de provoquer le débordement des stations d'épuration en cas de fortes précipitations).

Attention

Lorsque le réseau est séparatif, il est strictement interdit de raccorder les eaux pluviales sur le réseau d'évacuation des eaux usées. Lorsqu'il existe une seule canalisation d'évacuation sur le réseau d'assainissement, il convient de se renseigner auprès de la mairie pour savoir si on dispose d'un réseau unitaire ou si les eaux pluviales doivent faire l'objet d'un dispositif particulier de stockage et de drainage. Par défaut, le règlement sanitaire interdit d'évacuer les eaux-vannes dans les réseaux d'évacuation d'eaux pluviales.

Siphon : obturateurs hydrauliques dont le rôle est de permettre l'évacuation des eaux usées et d'empêcher la communication de l'air vicié des égouts avec l'air des locaux.

Ventilation primaire : tuyauterie prolongeant les tuyaux d'évacuation pour les mettre en communication avec l'air libre.

Ventilation secondaire : tuyauterie permettant un apport d'air aux collecteurs d'appareils pour éviter l'aspiration de la garde d'eau des siphons. Cette ventilation n'est plus obligatoire, mais on la retrouvera dans les anciennes installations.

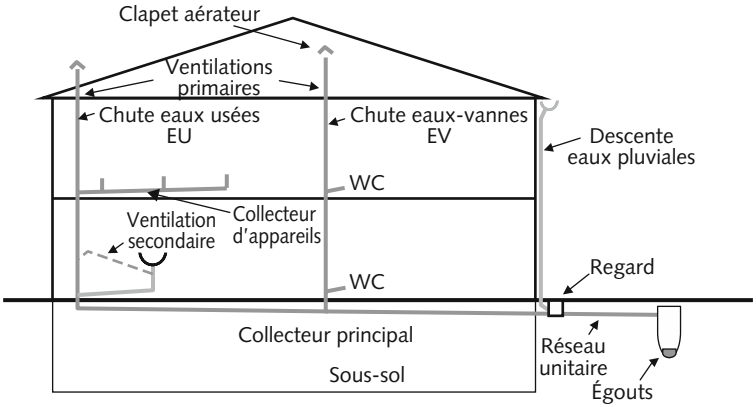


Figure 13.1 – Schéma général des évacuations d'eau d'un immeuble

1.2 Dispositions générales

Les canalisations d'évacuation doivent permettre l'évacuation rapide, sans stagnation des eaux usées ou des eaux pluviales. Pour cela, il faudra les dimensionner pour que la vitesse d'écoulement soit suffisante pour entraîner les matières en suspension (un débit trop important entraînera le désamorçage des siphons, un débit trop faible entraînera le colmatage des tuyauteries, on considère qu'une vitesse comprise entre 1 et 2 m/s est convenable). La pente des tuyauteries d'allure horizontale d'évacuation des appareils sanitaires doit être comprise entre 1 et 3 cm/m.

Les mairies ou les communautés d'agglomération ont en charge l'entretien des réseaux de collecte des eaux usées et des eaux pluviales. À ce titre, elles effectuent des contrôles d'étanchéité sur les réseaux à l'aide de fumigènes afin de détecter les éventuelles fuites sur leurs réseaux, mais aussi pour permettre de contrôler le raccordement individuel. Si le réseau d'évacuation des eaux usées est l'objet d'un test d'étanchéité à l'aide de fumigènes, la fumée ne doit pas sortir dans les habitations ou sur les branchements d'eaux pluviales. Si c'est le cas, cela signifie qu'il n'y a pas de siphon disconnecteur ou que les eaux pluviales ont étés branchées sur le réseau d'eaux usées ce qui n'est pas conforme à la réglementation.

De la même manière , depuis 2012, les mairies doivent contrôler le bon fonctionnement des fosses septiques.

Le raccordement des canalisations sur l'égout public doit être effectué par l'entreprise qui a en charge l'entretien du réseau. Celui-ci est constitué d'égouts collecteurs de grande dimension, de tuyauterie en grès, en ciment, en PVC…, parallèles aux axes des rues.

Un égout public doit avoir une pente minimale de 0,01 m par mètre on trouvera dans certaines villes des branchements d'égouts particuliers qui vont du mur de façade de la maison à l'égout public sur laquelle il se raccorde. Ce branchement est muré, identifié par une plaque à l'intérieur de l'égout, seule la tuyauterie d'évacuation se déverse dans l'égout public.

Le déplacement à l'intérieur d'un égout public est interdit sans autorisation (il y a des risques de montée brutale du niveau des eaux, d'intoxications dues aux vapeurs toxiques...).

La pente des collecteurs d'immeubles doit être de 3 cm par mètre au minimum. Dans les cas exceptionnels où elle ne pourrait être obtenue, il faut provoquer l'entraînement des matières en suspension à l'aide de chasses automatiques, ou respecter les vitesses d'écoulement lors de la sélection des diamètres des tuyauteries des collecteurs (tableau 13.21).

Les tuyauteries d'évacuation sortant d'un bâtiment devront être laissées en attente jusqu'à 50 cm en vue du raccordement par une autre entreprise au réseau d'assainissement.

Les règles de raccordement des tuyauteries de ventilation traversant une toiture étanche sont définies dans le DTU 60.1.

L'installateur doit les essais de la première mise en service.

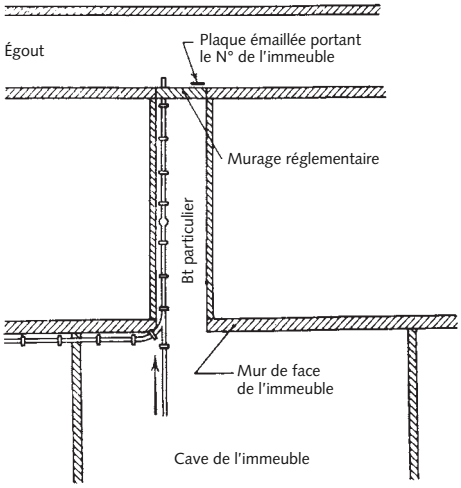


Figure 13.2 – Branchement d'immeuble

2 Étude d'une installation

Comme pour le dimensionnement des tuyauteries d'alimentation en eau, le DTU 60.11 introduit la notion de débit unitaire (DU) et de débit probable. Cette méthode n'est utilisable que pour les installations à chutes séparées (EU et EV).

L'étude s'effectuera en plusieurs étapes :

- étude du branchement d'appareils ;
- étude du branchement de groupes d'appareils ;
- calcul de la charge hydraulique ;
- étude des colonnes de chute ;
- étude des collecteurs.

Il faudra prendre en compte les eaux pluviales si elles sont raccordées.

2.1 Diamètre des siphons et branchements d'appareil

Le diamètre intérieur de la tuyauterie de vidange doit être au moins égal à celui des siphons qu'il reçoit (exception faite pour le raccordement d'une baignoire sur une longueur inférieure à 1 m).

La conduite de raccordement d'un appareil doit avoir :

- une longueur inférieure ou égale à 10 m avec un maximum de 3 coudes à 90° (plus le coude de raccordement) ;
- une pente minimale de 1 % ;
- une hauteur maximale de 1 m lorsque l'inclinaison de la tuyauterie est comprise entre 45° et la verticale.

■ Évacuation individuelle d'appareils

L'installation de siphons d'appareil est obligatoire. Ils permettent de séparer l'air des locaux de l'air vicié des canalisations d'évacuation (figure 13.3).

La garde d'eau doit être d'au moins 5 cm (elle est de 6 cm en Allemagne et de 7 cm dans certains pays nordiques).

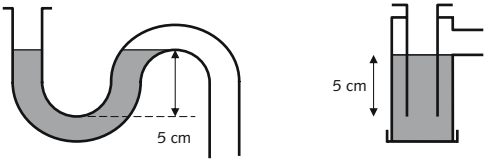


Figure 13.3 – Siphons

Pour les siphons, il faudra respecter des règles simples :

- le siphon doit être placé immédiatement à la sortie de l'appareil ;
- les siphons non démontables doivent avoir un bouchon de dégorgement permettant le nettoyage ;
- il doit y avoir un siphon par appareil et non un siphon pour un groupe d'appareils ;
- le siphon doit être raccordé sur une conduite ventilée (ventilation primaire).

Remarque

Le point le plus important du raccordement d'un siphon sera la pente et le diamètre de la tuyauterie d'évacuation située juste après.

Plus la pente est importante, plus la vitesse sera importante et plus la dépression provoquée par le tampon hydraulique sera importante, ce qui risquera de désamorcer le siphon. Si le diamètre est trop faible, la formation du tampon hydraulique sera favorisée.

Pour les tuyauteries de raccordement, il faudra respecter les règles suivantes (**la pente recommandée par le DTU est comprise entre 1 et 3 cm/m**) :

- Si la pente doit être supérieure à 3 cm/m (tuyauterie verticale derrière l'appareil, par exemple), il est préférable d'augmenter le diamètre de la tuyauterie pour éviter la formation de tampon hydraulique.
- Le raccordement d'un WC sur la descente d'évacuation se fera de préférence à l'aide d'une culotte à 67°30 ou 87°30 plutôt qu'à 45° (l'angle à 45°, angle aigu, favorise la formation de piston hydraulique).
- Le diamètre des vidanges ne peut être inférieur au diamètre de raccordement de l'appareil.
- La longueur doit être inférieure à 10 m, avec au maximum 3 coudes à 90 (+ coude de raccordement) et la dénivellation sera de 1 m au maximum.

Pour choisir les diamètres des tuyauteries d'évacuation d'allure horizontale des appareils, on utilisera le tableau 13.1.

Tableau 13.1 – Diamètre des tuyauteries d'appareils d'allure horizontale

Appareils	Diamètre intérieur minimal (mm) pour une pente comprise entre 1 et 3 cm/m	Diamètre (mm) DN utilisé dans la pratique		
		PVC	Cuivre	Fonte
Lavabo, lave-mains, bidet, groupe de sécurité, urinoir simple	25	32	32 × 1	/
Évier, poste d'eau, douche, urinoir avec chasse d'eau	33	40	40 × 1	50
Baignoire	33 si la longueur est inférieure à 1 m	40	40 × 1	50
	38 si la longueur est supérieure à 1 m	50		
Lave-linge, lave-vaisselle	33	40	35 × 1	50
Lave-linge 12 kg	43	50	54 × 1	50
WC réservoir ≥ 6 litres	73	80	/	75
WC réservoir ≥ 9 litres	83	90	/	100
WC à chasse directe	80 pour les tuyauteries horizontales	100	/	100
Siphons de sol	DN du siphon			

D'après le DTU 60.11 Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et des installations d'évacuation des eaux pluviales.

Dans la pratique

Les WC ayant une sortie en Ø 100, il ne faudra pas réduire le diamètre de la tuyauterie. On gardera donc un PVC 100 pour les installations neuves.

2.2 Raccordement d'allure horizontale de plusieurs appareils

Pour choisir les diamètres des tuyauteries d'évacuation d'un groupe d'appareils, on utilisera le tableau 13.2.

- La baignoire ou la douche et les WC se raccordent seuls (sauf pour les exceptions du tableau 13.2).
- Il est toléré, dans le cas où le raccordement séparé de la douche n'est pas possible, de raccorder un lavabo sur la même conduite.

Tableau 13.2 – Diamètre des tuyauteries de groupes d'appareils d'allure horizontale

Ensemble d'appareils	Diamètre intérieur minimal (mm) pour une pente comprise entre 1 et 3 cm/m	Diamètre (mm) DN utilisé dans la pratique		
		PVC	Cuivre	Fonte
Lavabo + bidet Lavabo double	25	32	32 × 1	/
Lavabo + douche Lavabo + bidet + douche Lave-linge + Lavabo Lave-vaisselle + évier	43	50	54 × 1	50

D'après le DTU 60.11 Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et des installations d'évacuation des eaux pluviales.

2.3 Charge hydraulique

La charge hydraulique correspond à la plus grande des deux valeurs suivantes :

- débit de l'appareil ayant le débit unitaire (DU) le plus grand ;
- débit probable calculé.

Elle permettra de déterminer le diamètre de la tuyauterie commune à plusieurs appareils. Elle ne pourra pas être plus petite que la tuyauterie de raccordement d'un des appareils.

■ Débits unitaires (DU) des appareils

Le débit unitaire des appareils est précisé dans le tableau 13.3.

Tableau 13.3 – Débit unitaire des appareils

Appareils	Débit (l/s)	Débit (l/min)	Diamètre intérieur minimum (mm)
Urinoir rigole (par personne)	0,2	12	
Lavabo, bidet, lave-mains, urinoir avec vanne de rinçage	0,3	18	25
Douche à grille fixe	0,4	24	
Douche avec bouchon, baignoire, évier, lave-vaisselle, lave-linge < 6 kg, urinoir avec chasse d'eau	0,5	30	33
Grille de sol DN 50	0,6	36	
Bac à laver	0,8	48	
Lave-linge 12 kg, grille de sol DN 70	1	60	43
Grille de sol DN 100	1,3	78	
WC avec chasse d'eau 6 à 7,5 litres	2	120	73
WC avec chasse d'eau 9 litres	2,5	150	90

■ Débits probables

Le débit probable des eaux usées Q_{ww} en litres par seconde se calcule à partir de la formule :

$$Q_{ww} = k \times \sqrt{\text{Somme des débits unitaires (DU)}}$$

avec Q_{ww} en l/s, DU en l/s, et k coefficient de simultanéité.
On prendra comme valeurs de k :

- 0,5 : maison individuelle, bureaux (utilisation irrégulière) ;
- 0,7 : immeuble collectif d'habitation, hôpital, école, restaurant, hôtel (utilisation régulière) ;
- 1,0 : toilettes ou douches publiques (utilisation fréquente) ;
- 1,2 : laboratoires (utilisation spéciale).

Une fois calculé le débit de la tuyauterie, on utilisera cette valeur pour choisir la tuyauterie d'évacuation.

2.4 Tuyauterie d'allure horizontale

Pour choisir le diamètre d'une tuyauterie d'allure horizontale en fonction de la charge hydraulique, on utilisera le tableau 13.4.

Tableau 13.4 – Choix des tuyauteries d'allure horizontale en fonction de la charge hydraulique des débits probables

Débit maximum (l/s)	Diamètre intérieur minimum des conduites de raccordement d'évacuation des eaux usées	Tuyauterie PVC DN
0,40	25	32
0,50	33	40
1,00	43	50
1,20	56	63
2,00	68 *	75 *
2,25	73 *	80 *
2,50	83	100

* Le diamètre de la tuyauterie ne pourra pas être plus petit que la tuyauterie d'un appareil (les WC par exemple).

Application

Pour un appartement équipé d'une douche, d'une baignoire, d'un évier, de 2 WC avec chasse de 6 litres, de 3 lavabos, d'un lave-mains, d'un lave-vaisselle et d'un lave-linge de 6 kg, la charge du collecteur d'allure horizontale sera :

$0,4 + 0,5 + 0,5 + (2 \times 2) + (3 \times 0,3) + 0,3 + 0,5 + 0,5 = 7,6$ l/s

Le débit probable est :

$Q_{ww} = 0,5 \times 7,6^{0,5} = 1,38$ l/s

Le débit de l'appareil ayant le DU le plus fort est 2 l/s.

On choisira la plus grande des deux valeurs, soit, dans cet exemple, 2 l/s.

Pour le choix de la tuyauterie, elle ne pourra être plus petite que la tuyauterie d'un appareil (ici le WC, PVC 80 diamètre minimum). Dans la pratique, on prendra un PVC 100.

2.5 Colonne de chute

Pour les colonnes de chute verticales, le choix du diamètre s'effectuera en fonction de l'angle du raccordement à partir du tableau 13.5.

Tableau 13.5 – Diamètre intérieur minimum d'une colonne de chute en fonction de la charge hydraulique

Diamètre intérieur de la colonne (mm)	Charge maximum (l/s)		DN des tuyauteries	
	Embranchement > 45°	Embranchement ≤ 45°	PVC	Fonte
56	0,5	0,7	63	75
68	1,5	2,0	75	75
73	2,0	2,6	80	75
83	2,7	3,5	90	100
90	Au-delà de 11 appareils, la colonne doit avoir un diamètre intérieur de 90 mm		100	100
93	4,0	5,2	100	100
117	5,8	7,6	125	125
150	9,5	12,4	160	150
191	16,0	21,0	200	200

2.6 Collecteur d'immeuble

Après le calcul du débit probable, on déterminera le diamètre du collecteur en fonction de la charge hydraulique.

Le diamètre ne pourra être inférieur à celui de la colonne de chute.

La pente minimale des collecteurs est de 1 %.

On distinguera deux cas :

- collecteur séparatif EU (eaux usées) ou EV (eaux-vannes) avec un taux de remplissage de 50 % ;
- collecteur unitaire EU + EV avec un taux de remplissage de 70 %.

On cherchera une vitesse des effluents comprise entre 1 et 2 m/s (tableaux 13.6 et 13.7).

Tableau 13.6 – Charge hydraulique en fonction de la pente et du diamètre : taux de remplissage 50 %
Réseaux séparés EU et EV

Pente (cm/m)	DN 100		DN 125		DN 150		DN 200		DN 225		DN 250		DN 300	
	Q_{max} (l/s)	Vitesse (m/s)	Q_{max} (l/s)	Vitesse (m/s)	Q_{max} (l/s)	Vitesse (m/s)	Q_{max} (l/s)	Vitesse (m/s)	Q_{max} (l/s)	Vitesse (m/s)	Q_{max} (l/s)	Vitesse (m/s)	Q_{max} (l/s)	Vitesse (m/s)
1	2,5	0,7	4,1	0,8	7,7	0,9	14,2	1,1	22,5	1,2	26,9	1,2	**48,3**	1,4
1,5	3,1	0,8	5,0	1,0	9,4	1,1	17,4	1,3	27,6	1,5	32,9	1,5	**59,2**	1,8
2	3,5	1,0	5,7	1,1	10,9	1,3	20,1	1,5	31,9	1,7	38,1	1,8	68,4	2,0
2,5	4,0	1,1	6,4	1,2	12,2	1,5	22,5	1,7	35,7	1,9	42,6	2,0	76,6	2,3
3	4,4	1,2	7,1	1,4	13,3	1,6	24,7	1,9	39,2	2,1	46,7	2,2	83,9	2,5
3,5	4,7	1,3	7,6	1,5	14,4	1,7	26,6	2,0	42,3	2,2	50,4	2,3	90,7	2,7
4	5,0	1,4	8,2	1,6	15,4	1,8	28,5	2,1	45,2	2,4	53,9	2,5	96,9	2,9
4,5	5,3	1,5	8,7	1,7	16,3	2,0	30,2	2,3	48,0	2,5	57,2	2,7	102,8	3,1
5	5,6	1,6	9,1	1,8	17,2	2,1	31,9	2,4	50,6	2,7	60,3	2,8	108,4	3,2

Les valeurs en gris correspondent aux vitesses d'écoulement comprises entre 1 et 2 m/s.

Tableau 13.7 – Charge hydraulique en fonction de la pente et du diamètre : taux de remplissage 70 %
Réseaux unitaires EU + EV

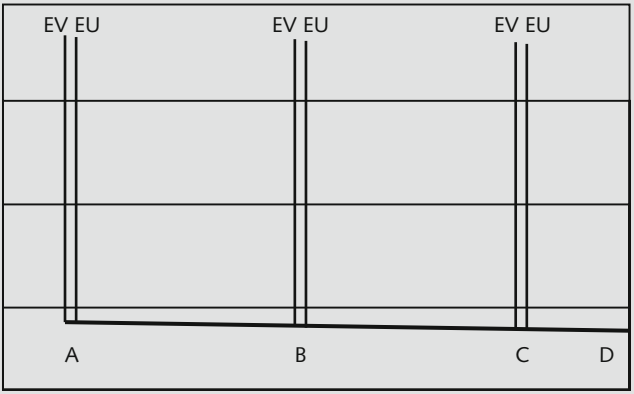
Pente (cm/m)	DN 100		DN 125		DN 150		DN 200		DN 225		DN 250		DN 300	
	Q_{max} (l/s)	Vitesse (m/s)	Q_{max} (l/s)	Vitesse (m/s)	Q_{max} (l/s)	Vitesse (m/s)	Q_{max} (l/s)	Vitesse (m/s)	Q_{max} (l/s)	Vitesse (m/s)	Q_{max} (l/s)	Vitesse (m/s)	Q_{max} (l/s)	Vitesse (m/s)
1	4,2	0,8	6,8	0,9	12,8	1,0	23,7	1,2	37,6	1,3	44,9	1,4	80,6	1,6
1,5	5,1	1,0	8,3	1,1	15,7	1,3	29,1	1,5	46,2	1,6	55,0	1,7	98,8	2,0
2	5,9	1,1	9,6	1,2	18,2	1,5	33,6	1,7	53,3	1,9	63,6	2,0	114,2	2,3
2,5	6,7	1,2	10,8	1,4	20,3	1,6	37,6	1,9	59,7	2,1	71,1	2,2	127,7	2,6
3	7,3	1,3	11,8	1,5	22,3	1,8	41,2	2,1	65,4	2,3	77,9	2,4	140,0	2,8
3,5	7,9	1,5	12,8	1,6	24,1	1,9	44,5	2,2	70,6	2,5	84,2	2,6	151,2	3,0
4	8,4	1,6	13,7	1,8	25,8	2,1	47,6	2,4	75,5	2,7	90,0	2,8	161,7	3,2
4,5	8,9	1,7	14,5	1,9	27,3	2,2	50,5	2,5	80,1	2,8	95,5	3,0	171,5	3,4
5	9,4	1,7	15,3	2,0	28,8	2,3	53,3	2,7	84,5	3,0	100,7	3,1	180,8	3,6

Les valeurs en gris correspondent aux vitesses d'écoulement comprises entre 1 et 2 m/s.

Application

On considère le collecteur d'un immeuble de 3 étages en réseau unitaire, comportant 9 appartements ayant chacun (figure 13.4) : 2 WC + 2 lavabos + 1 baignoire + 1 douche + 1 évier + 1 lave-vaisselle + 1 lave-linge

Figure 13.4 – Détermination des caractéristiques d'un collecteur d'immeuble



Total des débits par appartement :
$(2 \times 2{,}0) + (2 \times 0{,}3) + 0{,}5 + 0{,}4 + 0{,}5 + 0{,}5 + 0{,}5 = 7$ l/s
Débit probable pour une colonne (3 appartements) :
$Q_{ww} = 0{,}7 \times (7 \times 3)^{0{,}5} = 3{,}21$ l/s

Collecteur AB : $Q_{ww} = 0{,}7 \times (7 \times 3)^{0{,}5} = 3{,}21$ l/s (DN 100 avec une pente de 1,5 cm/m).
Collecteur BC : $Q_{ww} = 0{,}7 \times (7 \times 3 \times 2)^{0{,}5} = 4{,}54$ l/s (DN 100 avec une pente de 1,5 cm/m).
Collecteur CD : $Q_{ww} = 0{,}7 \times (7 \times 3 \times 3)^{0{,}5} = 5{,}56$ l/s (DN 125 avec une pente de 1,5 cm/m).
Si la pente est de 2 cm/m, on pourra choisir DN 100 pour les 3 parties du collecteur.

Dans la pratique

On voit dans cet exemple que, lors de la réalisation des installations, le respect de la pente est déterminant sur le bon fonctionnement.
Une vitesse d'écoulement trop lente provoque le dépôt des matières en suspension ; une vitesse trop importante provoque la formation de « tampons hydrauliques » et le désamorçage des siphons.

2.7 Ventilation des tuyauteries

■ Ventilation primaire

Lorsque l'eau d'un lavabo, d'un bidet, d'un évier, ou d'une baignoire s'écoule dans une descente d'eaux usées, elle ruisselle le long des parois en laissant au centre un vide d'air. Par contre, dans une chute recevant l'eau des WC, le volume d'eau remplit souvent toute la tuyauterie et forme un « piston hydraulique » qui crée un mouvement d'air à l'intérieur de la tuyauterie. Ce piston provoque une surpression dans la tuyauterie devant lui et une dépression dans la tuyauterie derrière lui. Ces variations de pression provoquent des gargouillements dans les siphons d'appareils et peuvent les désamorcer. C'est pour cela que l'on doit ventiler les tuyauteries d'évacuation des eaux usées.

Remarque

Tous les tuyaux de chute d'eaux usées doivent se prolonger par une tuyauterie de ventilation primaire de même diamètre jusqu'à l'air libre au-dessus de la toiture. Il est possible de remplacer cette ventilation primaire par un clapet aérateur (équilibreur de pression) situé dans les combles.

Il est possible de regrouper plusieurs ventilations primaires pour les sortir de la toiture en utilisant un diamètre immédiatement supérieur au diamètre le plus grand des ventilations avant leur regroupement.

Les parties d'allure horizontale des ventilations doivent permettre l'évacuation des eaux de condensation vers la colonne, une pente sera créée dans ce but.

Lorsque les tuyaux de descente d'un groupe d'appareils (école, casernes, bureaux...) ne peuvent pas être prolongés par une ventilation primaire, le collecteur du groupe d'appareils doit être ventilé par une canalisation de même diamètre raccordée à la partie supérieure du collecteur ventilé (figure 13.5).

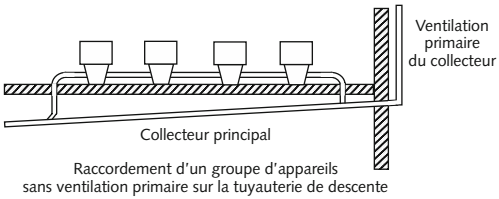


Figure 13.5 – Raccordement d'un groupe d'appareils sans ventilation primaire sur la tuyauterie de descente

■ Ventilation secondaire

Lorsque l'on réalise une ventilation secondaire d'appareil, son diamètre doit être égal à la moitié de celui du branchement d'écoulement.

Lors d'interventions dans d'anciens bâtiments comportant des ventilations secondaires, il est primordial de conserver ces ventilations si l'ensemble du réseau d'évacuation n'est pas complètement rénové.

Dans la pratique

Les ventilations secondaires ne sont réalisées que dans de très rares cas de nos jours car elles rendent plus compliquée la mise en œuvre de l'installation.

Vous trouverez ci-dessous les principes de réalisation d'une ventilation secondaire sous la forme de schémas récapitulatifs.

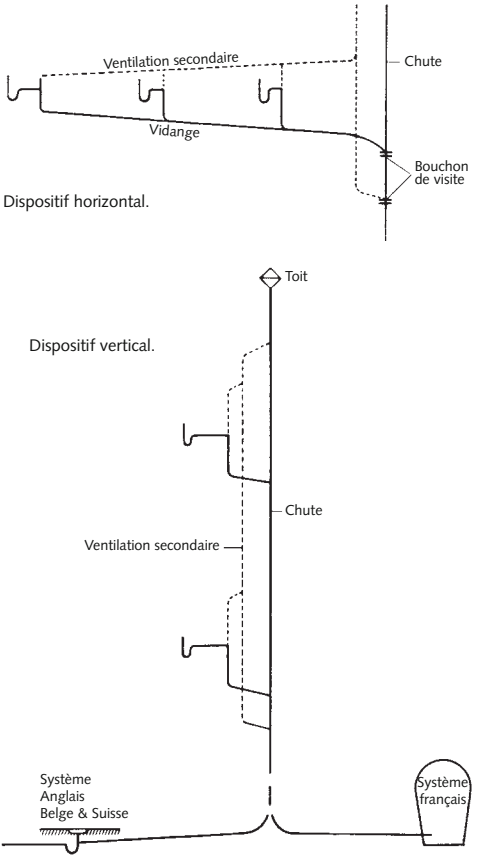


Figure 13.6 – Schéma de principe d'une ventilation secondaire

■ Clapets équilibreurs de pression – clapets aérateurs

L'utilisation de clapets aérateurs peut permettre de remplacer la mise à l'air libre en toiture d'une ou plusieurs ventilations primaires à condition de respecter l'avis technique du matériel et les normes NF EN 12056-2 et NF EN 12380.

☐ **Conditions de pose**

- Les dispositifs peuvent être installés dans :
  - les combles ou espaces inhabités et ventilés ;
  - les pièces de service (WC, salle d'eau, salle de bains, etc.) ventilées de manière permanente exception faite des cuisines.
- Ils doivent rester accessibles sans démontage d'éléments de construction.
- Ils ne peuvent servir à la ventilation des fosses sceptiques.

Les clapets aérateurs peuvent être placés au bout des collecteur d'appareils de grande longueur pour éviter que le tampon hydraulique qui s'y forme (par exemple lors de vidange d'une baignoire ou d'un lavabo) ne désamorce le siphon. Il existe dans les dimensions 32-40, 40-50, 100-110.

Le clapet est positionné sur la partie haute, son poids maintient l'étanchéité, en cas de surpression l'étanchéité est renforcée par la pression qui s'exerce sur le clapet. En cas de dépression, le clapet se soulève, l'air entre dans la tuyauterie ce qui évite de désamorçage des siphons (figure 13.7).

Figure 13.7 – Fonctionnement d'un clapet aérateur

2.8 Chute unique

Pour l'installation de chutes unique, il faudra prendre des précautions particulières : installer des ventilations secondaires (ce qui est techniquement et économiquement peu intéressant), ou utiliser des systèmes faisant l'objet d'un avis technique.

La société Nicoll a breveté un système appelé Chutunic (figure 13.8). La paroi interne de la tuyauterie comporte des nervures hélicoïdales qui mettent en rotation les flux évacués, ce qui les plaque contre les parois et empêche la formation du piston hydraulique en préservant au centre une colonne d'air. Le système bénéficie d'un avis technique (Atec 14/01 – 615).

Les pièces de raccordement de grand volume jouent le rôle de chambre de décompression, on ne peut donc pas employer des culottes standard.

Il faut respecter les règles de pose fixées par l'avis technique et les DTU en vigueur.

Le système est utilisable dans tous les bâtiments sans limite de hauteur, le diamètre de la chute est de 100 mm. Il est possible de raccorder à chaque niveau, au maximum 2 WC, 2 baignoires et un nombre quelconque de sanitaire courant (lavabos, bidets, douches, éviers).

La chute sera prolongée en toiture par une ventilation primaire. En cas de regroupement de plusieurs chutes, celui-ci s'effectuera avec une tuyauterie de diamètre 125 mm extérieur. L'utilisation de clapets aérateurs n'est pas autorisée.

Les tuyauteries doivent être fixées avec des colliers isotoniques, un manchon de dilatation doit être mis en place à chaque étage.

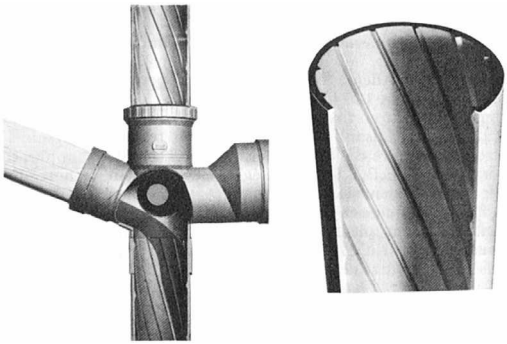


Figure 13.8 – Système Chutunic, Nicoll

La société Geberit a développé un système de chute unique en DN 110 appelé Geberit Sovent faisant l'objet d'un avis technique pour une hauteur de 7 étages. Des pièces de raccordement d'étage spécifiques permettent de supprimer ou de réduire la dépression causée par les tampons hydrauliques. Le pied de colonne doit être réalisé de manière à obtenir une désaération.

Lorsqu'on réalise une chute unique (évacuation des eaux-vannes et des eaux ménagères dans la même descente), il est nécessaire d'utiliser des tuyauteries et des accessoires de raccordement adaptés bénéficiant d'un avis technique ou de réaliser une ventilation secondaire.

3 Tuyauteries et accessoires

3.1 Règles générales de pose

Les tuyauteries d'allures horizontales doivent avoir une pente d'au moins 1 cm/m.

Des ouvertures (bouchons de dégorgement, tampons...) doivent être disposées pour permettre le nettoyage des parties horizontales de plus d'un mètre.

Les tuyauteries en fonte peuvent être sous certaines conditions posées en gaines inaccessibles, encastrées ou enrobées.

■ Contrôles d'étanchéité et mises en pression accidentelles

Il faut réaliser un contrôle visuel sur l'ensemble des canalisations d'eaux usées et d'eaux-vannes afin d'en vérifier l'étanchéité (l'eau s'écoulant dans l'ensemble des tuyauteries raccordées).

Les tuyauteries d'un diamètre intérieur supérieur à 110 mm devront être mises en charge à l'eau froide dans les conditions fixées par le DTU 60.1 (0,1 bar de pression, 1 m de hauteur d'eau, ou la hauteur possible en fonction des exutoires).

Si les tuyauteries risquent d'être soumises à une mise en pression accidentelle (due à une obstruction de la conduite) de plus de 0,2 bar (2 m de hauteur d'eau), il y a un risque de déboîtement de la tuyauterie, des tampons de visite, bouchons... Il faudra prévoir des dispositifs de fixation supplémentaires : butées amovibles, raccords d'ancrage, colliers à griffes...

De manière plus générale, il est souhaitable de poser de tels dispositifs sur les changements de direction, les pieds de chute, ainsi que sur toutes les tuyauteries et accessoires qui risquent de se trouver sous le fil d'eau du réseau public d'évacuation en cas de crue ou d'obstruction, cela jusqu'à la hauteur du premier exutoire.

Vides sanitaires inaccessibles : la pose de canalisations d'évacuation est autorisée.

L'**épaisseur minimale d'enrobage** des canalisations d'évacuation est de 25 mm (elle peut être localement de 10 mm dans des opérations de rénovation). Pour plus de détails, on consultera les DTU.

3.2 Tuyauteries en fonte

Texte de référence : DTU 60.2 – NF P 41-220 P1-1 et P1-2, octobre 2007 : Travaux de bâtiment – Canalisations en fonte, évacuations d'eaux usées, d'eaux-vannes et d'eaux pluviales.

Utilisées par le passé pour toutes les évacuations d'eaux usées des bâtiments, elles ont été partiellement remplacées par les tuyauteries PVC plus légères à mettre en œuvre et moins coûteuses.

Leur utilisation reste néanmoins d'actualité dans tous les cas de figure où le PVC ne peut pas être utilisé, ou est moins performant :

- résistance aux chocs (lieux de passage, parkings…) ;
- résistance au feu (ERP : établissements recevant du public, chaufferies…) ;
- atténuation acoustique des bruits aériens et structuraux ;
- résistance chimique ;
- résistance à la pression et aux contraintes mécaniques (immeubles de grande hauteur).

Les caractéristiques des tuyauteries en fonte, et leurs modes de raccordement ont évolué dans le temps. Leur grande longévité fait que l'on en trouve encore beaucoup aujourd'hui dans les chantiers de rénovation et dans le neuf.

Les séries Métallit L.E fabriquées jusqu'en 1963 présentaient des diamètres nominaux et des diamètres extérieurs différents des séries actuelles.

Les séries Métallit S.A fabriquées jusqu'en 1974 présentaient des diamètres identiques aux séries actuelles, mais les emboîtements étaient plus profonds.

Les séries actuelles (fabriquées selon la norme NF EN 877, novembre 1999, Tuyaux et raccords en fonte, leurs assemblages et accessoires destinés à l'évacuation des eaux des bâtiments, qui a remplacé la norme NF A 48-720) existent en 2 gammes :

- **SMU** : Super Métallit à bouts Unis, série UU ;
- **SME** : Super Métallit à Emboîtement, série EU.

Tuyauteries en fonte ayant un revêtement :

- intérieur : en époxy bicomposants de couleur ocre ;
- extérieur : peinture d'apprêt acrylique de couleur brun-rouge.

Une gamme supplémentaire existe, elle est fabriquée par la société Saint-Gobain PAM, et est destinée aux rejets agressifs (cuisines collectives, hôpitaux, laboratoires, industries…), et aux tuyauteries enterrées.

- **SMU Plus :** Super Métallit à bouts Unis HB

Tuyauteries en fonte ayant un revêtement :

- intérieur : en époxy bicomposants appliqué en 2 couches de couleur ocre ;
- extérieur : zingage anticorrosion par métallisation à la flamme + peinture d'apprêt acrylique de couleur gris anthracite.

Les caractéristiques principales données par la norme NF EN 877 sont :

- résistance à des pH compris entre 2 et 12 inclus ;
- résistance au brouillard salin (350 h minimum) du revêtement intérieur ;
- tenue à des températures allant jusqu'à 80 °C en utilisation ponctuelle et 95 °C en pointe (usage domestique courant) ;
- tuyauteries enterrées : protection extérieure par zingage métallique ≥ 130 g/m^2 avec couche de finition (SMU PLUS) ;
- coudes : 15° ; 22° ; 30° ; 45° ; 68° ; 88° :
- embranchements et culottes : 45° ; 68° ; 88° ;
- identification des produits : marquage lisible et indélébile comprenant :
  - nom ou marque du fabriquant,
  - lieu de production,
  - période de fabrication,
  - NF EN 877,
  - DN : diamètre nominal d'un tube en fonte (diamètre intérieur),
  - angles pour les raccords,
  - organisme de contrôle éventuel.

Le tableau 13.8 reprend les anciennes caractéristiques de ces séries ainsi que celles des séries actuelles.

Tableau 13.8 – Dimensions des tuyauteries en fonte

Fontes anciennes				Fontes actuelles			
Métallit L.E		Métallit S.A		SMU et SMU Plus		SME	
DN Diamètre nominal (intérieur)	DE Diamètre extérieur	DN Diamètre nominal (intérieur)	DE Diamètre extérieur	DN Diamètre nominal (intérieur)	DE Diamètre extérieur	DN Diamètre nominal (intérieur)	DE Diamètre extérieur
41				40	48		
54	64	50	58	50	58	50	58
67	77	75	82	75	83	75	83
81	91						
94	104	100		100	110	100	110
108	118						
135	145	125		125	135	125	135
162	172	150	170	150	160	150	160
189	197	175		200	210	Les diamètres 200 et 300 ne se fabriquent plus depuis 1976. Les diamètres 175 ne se fabriquent plus non plus.	
216	226	200	222				
243		350	378	250	274		
300				300	326		
				400	429		
				500	532		
				600	635		

Des pièces de raccordement sont vendues par les différents fabricants pour permettre la connexion avec les anciennes tuyauteries lors des travaux de rénovation.

■ Fonte SMU – Super Métallit à bouts Unis

Elle existe dans les diamètres nominaux 40 à 600 en longueur de 3 m (figure 13.9). Les raccordements s'effectuent par **joints SMU** (figure 13.10) constitués d'un collier de serrage avec une vis M 8 et d'une manchette d'étanchéité en élastomère (EPDM ou nitrile NBR en cas de traces d'hydrocarbures dans les effluents).

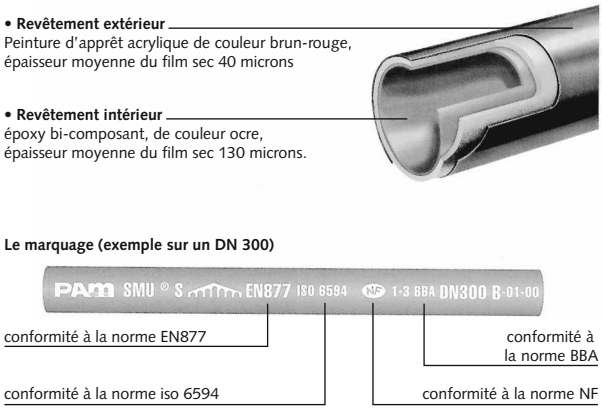


Figure 13.9 – Tuyau en fonte SMU (documentation Saint-Gobain PAM)

DN Diamètre nominal (mm)	DE Diamètre extérieur (mm)	Masse longueur 3 m (kg)
40	48	8,9
50	58	12,5
75	83	18,3
100	110	24,3
125	135	34,3
150	160	40,9
200	210	67,4
250	274	97,3
300	326	126,8
400	429	177,7
500	532	244,9
600	635	321,9

Joint SMU

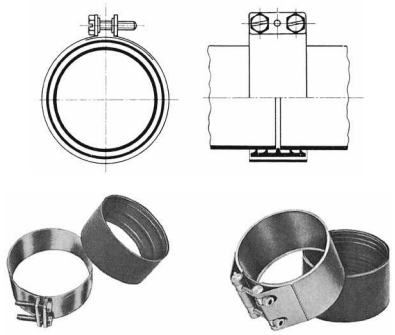


Figure 13.10 – Joints en fonte SMU

Il est nécessaire de vérifier la tenue à la pression interne des joints en fonction des données constructeurs et de la réglementation car la pression admissible peut varier de 3 à 10 bar selon l'utilisation et le diamètre de la tuyauterie.

☐ Raccords et accessoires

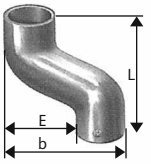
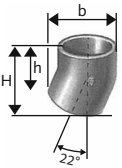
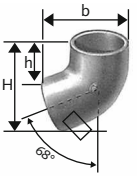
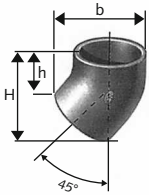
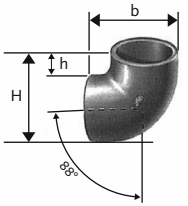
Esses coudes d'étage : DN 50 à 200	
De longueurs L allant de 185 à 350 mm	
D'écartement E allant de 65 à 200 mm	
Coudes	
à 22° et 68° pour les DN 50 à 300	 
à 45° pour les DN 40 à 400	
à 88° pour les DN 40 à 300	

Figure 13.11 – Raccords en fonte SMU (documentation Saint-Gobain PAM)

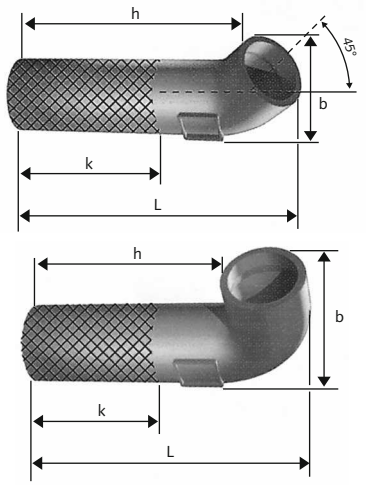
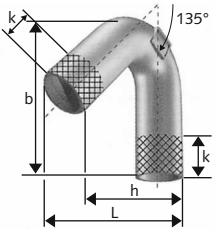
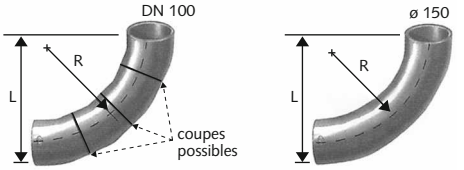
Coudes *(suite)*	
à 45° et 88° allongés en DN 100. La zone k est la partie qui peut être coupée.	
à 135° en DN 100	
Coudes grands rayons 88°	
Ils sont utilisés pour permettre une meilleure évacuation des eaux (autocurage), lors des changements de direction (on peut utiliser aussi 2 coudes à 45°).	DN 100 avec coupes possibles ou DN 150 

Figure 13.11 – Raccords en fonte SMU (documentation Saint-Gobain PAM) *(suite)*

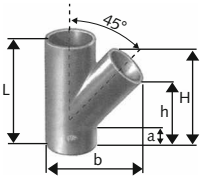
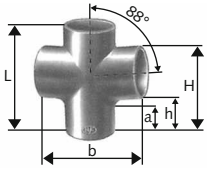
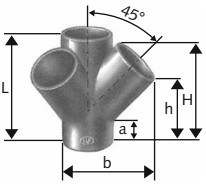
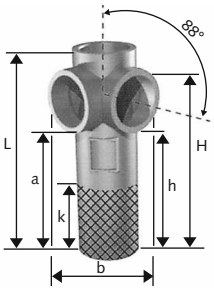
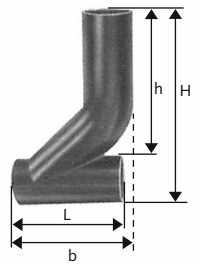
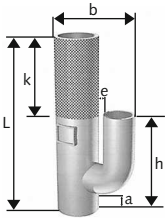
Embranchement-culottes		
Il existe des culottes simples, doubles et d'équerre à 45°- 68° et 88°	Culotte simple 	Culotte double 
Les branchements sont de même diamètre ou de diamètre réduit. Il existe des culottes allongées (de 17 à 32 cm plus longues) coupables sur la partie k pour le passage des dalles.	Culotte double d'équerre 	Culotte double allongée 
Des culottes pied de chute allongées DN 100 et des embranchements parallèles DN 100 (raccordement des ventilations, espace réduit).	culotte pied de chute 	embranchement parallèle 

Figure 13.12 – Raccords en fonte SMU (documentation Saint-Gobain PAM) *(suite)*

On trouve des pièces spécialisées pour réaliser les réseaux en fonte SMU (figure 13.12).

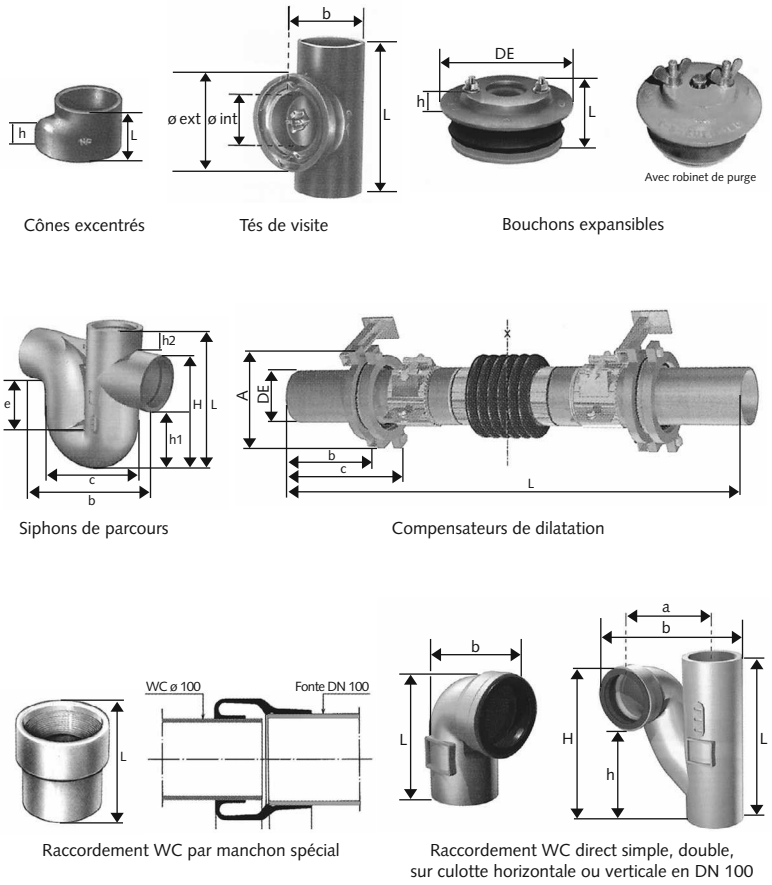
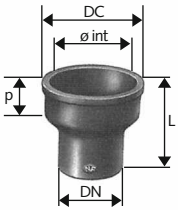
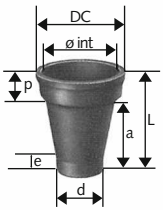


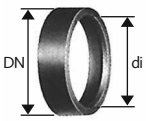
Figure 13.12 – Autres accessoires (documentation Saint-Gobain PAM)



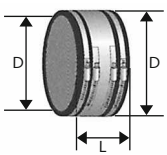
Pièce de liaison
DN 100 à 300



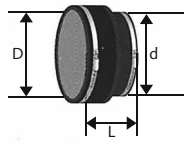
Cône concentrique
d 58 à 200 mm



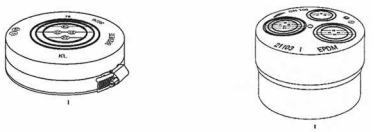
Bague de compensation
DN 50 à 250



Manchons d'adaptation
DN 75 à 200

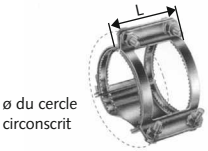


Raccords d'adaptation
Diamètre ajustable

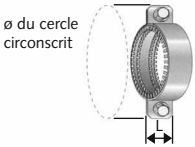


Tampons EPDM 1, 2 ou 3 trous de 32 à 54
avec ou sans collier de serrage

Figure 13.12 – Autres accessoires (documentation Saint-Gobain PAM) *(suite)*



Collier à griffe pour raccords fonte SMU



et pour bouchon expansible

Mise en œuvre du collier à griffes

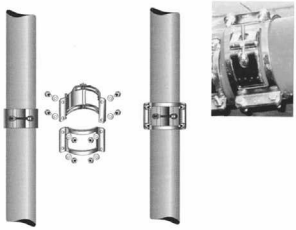
Le colliers à griffes se place sur le joint SMU Rapid® ou le bouchon expansible.

Couvrir le joint SMU Rapid® ou le bouchon avec le collier à griffes.

Positionner le dernier segment et insérer les boulons de serrage.

Serrer progressivement en croisant.

Documentation SAINT GOBAIN PAM



Montage sur joint SMU Rapid®

Figure 13.13 – Colliers à griffe (documentation Saint-Gobain PAM)

En cas risque de mise en pression accidentelle du réseau, on peut utiliser des colliers à griffe pour assurer la stabilité mécanique de l'ouvrage (figure 13.13).

■ Fonte SME – Super Métallit à Emboîtement

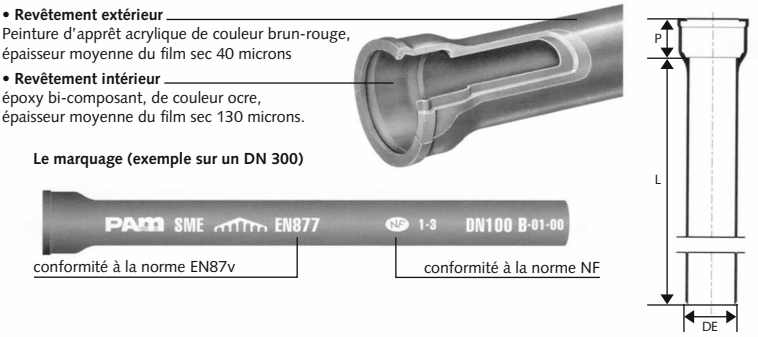
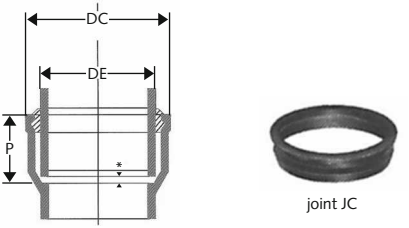


Figure 13.14 – Fonte SME Super Métallit à Emboîtement (documentation Saint-Gobain PAM)

Elle existe dans les diamètres nominaux : **DN 50 à 150** en longueurs **L** : de 3 m ; 2,5 m ; 2 m ; 1 m ; 0,5 m (demi) ; et en raccords droits de 0,25 m (quart) et 0,15 m (huitième).

Les tuyauteries et raccords présentent un emboîtement de profondeur **P** (figure 13.15), permettant l'étanchéité grâce à un joint JC qui nécessite l'utilisation d'une pâte lubrifiante lors du raccordement (on peut la remplacer par du savon ou de la glycérine).

Il faudra toujours laisser un espace au fond du raccord pour permettre la dilatation des tubes.



* Important : L'extrémité de la tuyauterie emboîtée doit être remontée pour ne pas toucher le fond du raccord.

Figure 13.15 – Joint JC

☐ Dimensions des fontes SME

Tableau 13.9 – Dimensions des fontes SME

DN Diamètre nominal (mm)	DE Diamètre extérieur (mm)	P Profondeur d'emboîtement (mm)	DC (mm)	L Longueur (m)	Masse (kg)
50	58	62	90	3	13,7
				2,5	11,6
				2	9,5
				1	4,7
				0,5	2,7
				0,25	2,0
				0,15	1,4
75	83	64	116	3	19,4
				2,5	16,4
				2	13,4
				1	6,6
				0,5	3,8
				0,25	2,4
				0,15	1,7
100	110	66	145	3	26,3
				2,5	22,2
				2	18,2
				1	9,1
				0,5	5,6
				0,25	3,3
				0,15	2,3
125	135	68	173	3	37,2
				2,5	31,4
				2	25,7
				1	11,7
				0,5	8,0
				0,25	5,7
				0,15	4,4
150	160	70	202	3	44,3
				2,5	37,5
				2	30,8
				1	14,3
				0,5	8,6
				0,25	5,8
				0,15	7,6

□ **Raccords et accessoires**

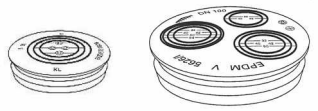
Un joint spécial WC permet le raccordement direct sur une tuyauterie ou un raccord fonte SME (figure 13.16).

Joint JL pour WC

Source SAINT-GOBAIN PAM

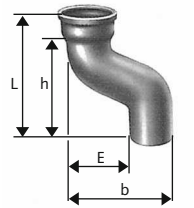
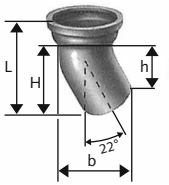
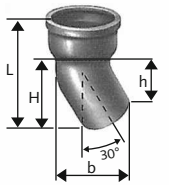
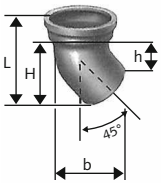
Figure 13.16 – Joint JC

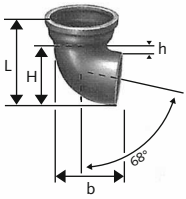
Des tampons en EPDM permettent le raccordement de tuyauteries de diamètres extérieurs 32 ; 40 ; 42 ; 50 (figure 13.17).



Tampons en EPDM

Figure 13.17 – Tampons en EPDM

<table>
<tr><th colspan="2">Esses coudes d'étage DN 75 à 125</th></tr>
<tr><td>de longueurs L
allant
de 289 à 350 mm</td><td rowspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>d'écartement E
allant
de 75 à 150 mm</td></tr>
<tr><th colspan="2">Coudes</th></tr>
<tr><td>à 22°
pour
les DN 75 et 100</td><td>Coudes à 22°
 
</td></tr>
<tr><td>à 30°
pour
les DN 100 à 150</td><td>Coudes à 30°
 
</td></tr>
<tr><td>à 45°, 68° et 88°
pour
les DN 50 à 150</td><td>Coudes à 45°
 

Coudes à 68°
 

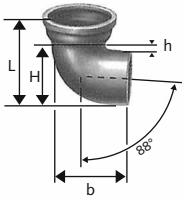
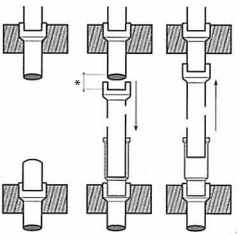
Coudes à 88°
 
</td></tr>
</table>

Figure 13.18 – Raccords en fonte SME (documentation Saint-Gobain PAM)

Coulisses

Les coulisses permettent d'effectuer des travaux de réparation sur des chutes existantes.
Il existe des culottes simples à coulisses à 68° en DN 100

Coulisse



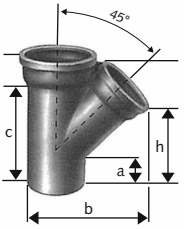
* débattement

La coulisse facilite le remplacement d'un tronçon de tuyau.
Débattement nécessaire = 220 mm

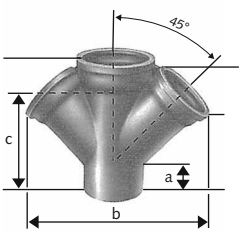
Embranchement-culottes

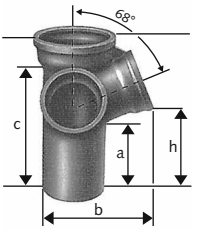
Il existe des culottes simples à 45°, 68° et 88°, doubles à 45° et 68° et d'équerre à 68°.
Les branchements sont de même diamètre ou de diamètre réduit.
Il existe des culottes allongées (environ 20 cm plus longues) pour les traversées de dalle.

Culotte simple



Culotte double





Culotte double d'équerre

Figure 13.18 – Raccords en fonte SME (documentation Saint-Gobain PAM) *(suite)*

□ Autres accessoires

On trouve des pièces spécialisées pour réaliser les réseaux en fonte SME (figure 13.19). On trouvera sur les collecteurs placés en sous-sol des joints avec contre-bride de serrage par boulons.

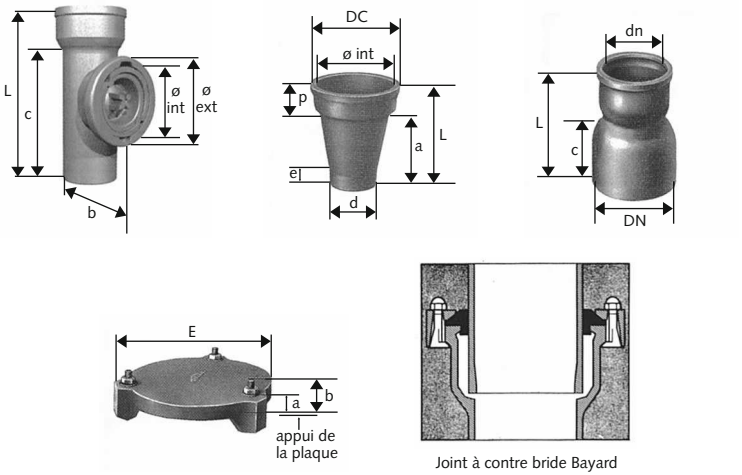


Figure 13.19 – Pièces spécialisées pour réseaux en fonte SME (documentation Saint Gobain PAM)

13

■ Accessoire de raccordement

Le raccord le plus utilisé pour le raccordement sur une tuyauterie existante est le raccord Bourdin (figure 13.20). Le percement de la fonte s'effectue avec un outil à percer spécial pour ce type de raccord. L'étanchéité est réalisée avec une pâte d'étanchéité de type Filgum. Le filetage est en 1'1/2, la douille à souder en cuivre en 36-38 mm.

On peut utiliser les raccords de prise en charge prévus pour la fonte sous pression, mais il faut dans ce cas s'assurer de la compatibilité du raccord par rapport au diamètre extérieur de la fonte.

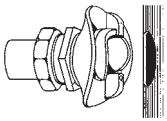


Figure 13.20 – Raccord Bourdin

■ Fontes et travaux public

Il existe des fontes spécialement prévues pour les réseaux enterrés pour les réseaux publics en DN 80 à 2000, en longueurs de 6, 7 et 8 m, leurs dimensions sont différentes des fontes bâtiment (SME et SMU). Il existe de nombreuses gammes en fonction de la nature des réseaux (eaux usées, eaux pluviales...), de la nature du terrain (série standard, terrain accidenté...) et du type de pose (on peut même trouver une série isolée pour les réseaux à protéger du gel).

Certaines séries possèdent des raccords verrouillables pour éviter le déboîtement en cas de mise en pression accidentelle.

Pour plus d'information vous pouvez consulter le site internet de Saint-Gobain PAM à l'adresse suivante : http://www.pamline.fr ainsi que le site fonte du bâtiment à l'adresse : http://www.pambatiment.fr.

■ Règles de pose spécifiques aux tuyauteries en fonte

Les règles de pose doivent notamment respecter les DTU 60.1, 60.2, 30.32 et 60.33 ainsi que les recommandations des constructeurs.

Si les tuyauteries risquent d'être soumises à une mise en pression accidentelle, il faudra prévoir des dispositifs de fixation supplémentaires : butées amovibles, raccords d'encrage, colliers à griffes...

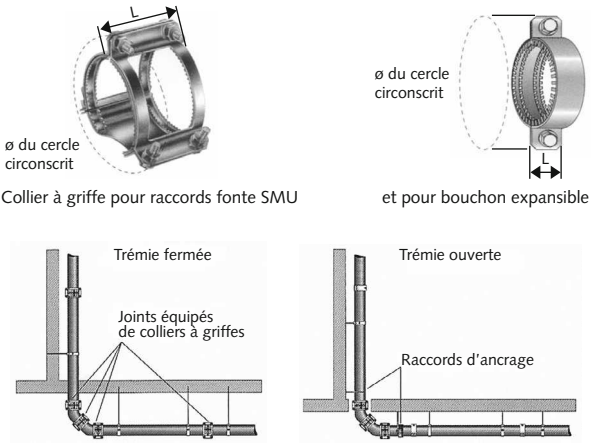


Figure 13.21 – Dispositifs de fixation supplémentaires pour tuyauteries en fonte (documentation Saint Gobain PAM)

Les pieds de chute, ainsi que toutes les tuyauteries et accessoires qui risquent de se trouver sous le fil d'eau du réseau public d'évacuation en cas de crue ou d'obstruction doivent être équipés de dispositifs de fixation supplémentaires (figure 13.21).

Les siphons, clapets... et toutes les pièces lourdes doivent être fixées de manière indépendante.

■ Coupes et outillage

Seules les coupes sur les tuyauteries et les parties allongées des raccords prévus par le constructeur sont autorisées. Il faut, dans ce cas, employer une scie à métaux, un coupe-tubes fonte ou une tronçonneuse électrique (coupe au chalumeau interdite) et réaliser les chanfreins à la lime, à la meule ou avec un outillage adapté.

Après usinage, les parties mises à nu doivent être à nouveau protégées (en respectant les consignes du fabricant).

Lorsqu'une partie de tuyauterie est endommagée, elle doit être retirée et mise au rebut sur une longueur supérieure d'au moins 10 cm de chaque côté de la partie endommagée.

■ Assemblages

Les assemblages sont réalisés principalement par des joints SMU (bague d'étanchéité UU) et des joints JC (SME) avec de la pâte lubrifiante, ce qui permet de réduire les efforts lors de l'emboîtement du raccord (selon les indications des constructeurs), sur des raccords nettoyés. Il faut vérifier le bon positionnement du joint lors de la mise en place.

Les assemblages par joints bourrés (mortier de ciment, mastics – silicone, polyuréthane –, laine de plomb…) ou coulés (plomb fondu) sont toujours autorisés à titre exceptionnel (dans les opérations de rénovation) lorsqu'ils sont réalisés en respectant les prescriptions du fabricant par une personne compétente (qui maîtrise ces techniques particulières).

Les assemblages particuliers (WC, anciennes fontes, grès...) sont réalisés à partir de raccords spéciaux prévus par les fabricants (voir paragraphes précédents).

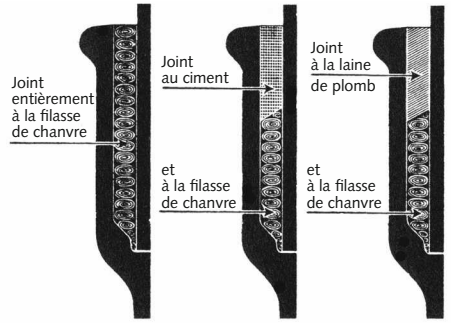
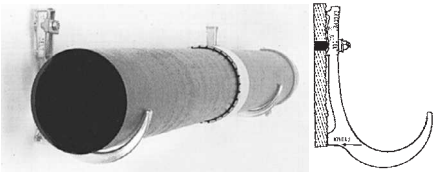


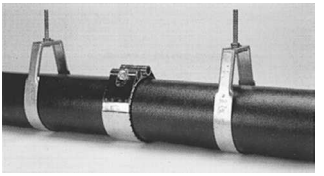
Figure 13.22 – Joints des anciennes séries LE et SA

■ Fixation des tuyauteries apparentes, accessibles ou inaccessibles

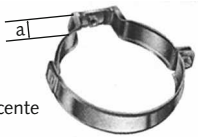
Les fixations ou supports sont réalisées à l'aide de colliers, de corbeaux, de suspentes... disposés à intervalles réguliers (les scellements, encastrements, traversées de plancher... sont considérés comme des fixations).



Crochet support mural (corbeau)
Type 101



Crochet de suspension (collier poire)
Type 401



Collier de descente
Type 802

a = distance entre génératrice
du tuyau et mur : 20 mm

Figure 13.23 – Dispositifs de fixation pour tuyauteries apparentes : a) Crochet support mural (corbeau) Type 101 ; b) Collier de suspension (collier poire) Type 401 ; c) Collier de descente Type 802 (documentation Saint Gobain PAM)

Le choix de la position et du nombre de supports s'effectuera en fonction du tableau 13.10.

Tableau 13.10 – Choix du nombre de supports pour les tuyauteries d'évacuation en fonte

Prescriptions du DTU 60.2 NF P 41-220		Nombres de supports	
		intérieur des bâtiments	extérieur des bâtiments
Tuyauteries et raccords d'allures verticales	L ≥ 2,7 m	1	1 SME et 2 SMU
	L ≥ 1 m		1
	L ≤ 1 m	1	
	Culottes et embranchements	1	1
	Changements de directions > 45°	1	1
Tuyauteries horizontales	L ≥ 2 m	2	2
	Raccords ou L < 2 m	1	1

L'installateur veillera à respecter la NRA : nouvelle réglementation acoustique (transmission des bruits aériens et structuraux). Pour cela, il est souhaitable dans certains cas d'utiliser des colliers isophoniques (c'est le cas notamment des installations d'évacuation des eaux pluviales par effet siphoïde).

■ Tuyauteries encastrés, enrobées, traversées de plancher ou de mur

Les tuyauteries en fonte sont les seules qui peuvent être posées sans fourreau dans la traversée des murs et planchers. Toute partie de tuyauterie supérieure à 1 m, noyée dans le gros œuvre est considérée comme **encastrée** ou **enrobée** :

- les assemblages par joints élastomères sont autorisés ;
- les assemblages par joints bourrés, coulés, ou au mastic sont interdits ;
- les tuyauteries doivent être enrobées d'au moins 2,5 cm en tout points.

Les tuyauteries posées dans les éléments porteurs doivent faire l'objet d'une étude spécifique.

Toute partie de tuyauterie inférieure à 1 m et noyée dans le gros œuvre est considérée comme une **traversée de plancher ou de mur**:

- les assemblages par joints élastomères sont autorisés;
- les assemblages par joints bourrés, coulés ou au mastic sont interdits, ils sont tolérés sur certains types de WC à la turque ou de siphons de sol.

Dans tous les cas, il faudra éviter le contact direct avec les armatures métalliques de la structure en béton.

La pose de coudes ou raccords ayant des angles supérieurs ou égaux à 88° est interdite dans les parties inaccessibles, exception faite des coudes à grands rayons.

■ Tuyauteries enterrées

Elles sont posées sur un lit de pose constitué de terre fine damée et reposent sur toute leur longueur. Les joints sont réalisés dans des niches aménagées pour leurs confections.

Le remblayage s'effectue sur 20 cm à l'aide de sable ou de terre tamisée (la pose d'un grillage avertisseur 20 cm au-dessus du tube est souhaitable), puis par couches successives damées.

En cas de faible profondeur, les tuyauteries peuvent être recouvertes directement de béton ou de revêtements goudronnés.

3.3 Tuyauteries en grès

On trouvera encore de nombreuses tuyauteries en grès au cours des opérations de rénovation; il sera parfois nécessaire d'en remplacer une partie. Ils sont résistants aux acides (car ils sont vitrifiés à l'intérieur).

Si les règles de pose sont bien respectées, elles ont une durée de vie indéfinie (supérieure à 100 ans).

On trouve fréquemment des collets cassés sur les tuyauteries en service pour deux raisons principales: mauvaise pose ou nombre de supports insuffisants, joints au ciment mal dosés qui «poussent» sur le collet. La grande longévité des tuyauteries en grès en fait un matériau encore utilisé de nos jours, il coûte un peu plus cher à l'installation d'une tuyauterie en PVC ou en béton mais a une durée de vie de deux à trois fois supérieure.

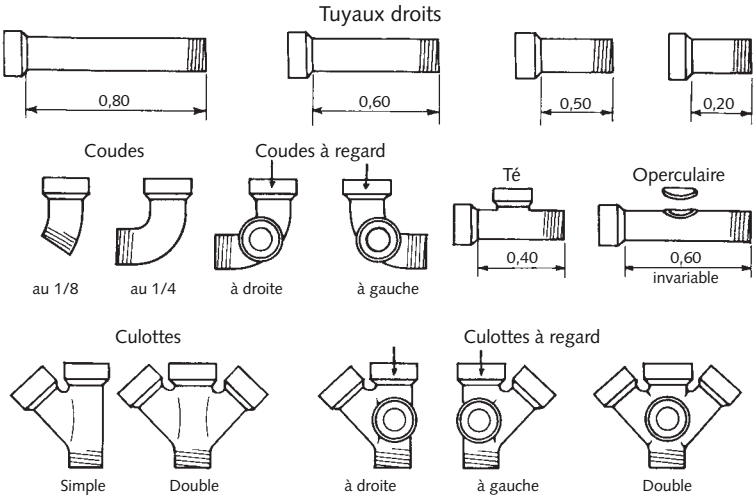


Figure 13.24 – Tuyaux en grès

On contrôle la qualité d'une tuyauterie en grès en la frappant délicatement avec le manche d'un marteau, elle doit émettre un son clair au choc. Elles sont marquées en creux et en caractère lisses de la marque du fabricant. Elles résistent à une pression de 0,5 bar et sont livrées en longueurs allant de 1 à 2 m.

On trouve principalement deux séries :

- grès à collerette,
- grès à manchons.

Les différents diamètres sont donnés dans le tableau 13.11.

Tableau 13.11 – Dimensions des tuyauteries en grès

Diamètre nominal (ovalisation) (mm)	Diamètre extérieur (mm)
50 ± 3 mm	
75 ± 3 mm	
100 ± 4 mm	**122**, **131** ou 134
125 ± 4 mm	**159**
150 ± 5 mm	177, **178** ou **186**
175 ± 5 mm	
200 ± 6 mm	234, **237**, **242** ou 262
250	**296, 322** ou 318
300	350, **357** ou **374**

* En caractères **gras**, des dimensions que l'on trouve de nos jours.

On utilisera rarement des diamètres supérieurs à 200 mm dans le bâtiment.

Leur emploi comme chute ou descente doit être évité.

La coupe des tuyauteries s'effectue à l'aide d'une cisaille à chaîne ou d'une disqueuse munie d'un disque diamanté pour les grands diamètres. Il faut ensuite réaliser un chanfrein sur l'embout, nettoyer l'ensemble et enduire d'une pâte lubrifiante le bout du tuyau et le chanfrein.

Le calage des tuyauteries en apparent ou dans les tranchées par des cales en bois ou en pierres est interdit.

La fixation en pose verticale s'effectue par colliers galvanisés ou par des fers plats 25 × 3 à double scellement.

La fixation en pose horizontale s'effectue à l'aide de corbeaux en fer carré.

Les tuyaux en grès vernissé utilisés pour l'évacuation des eaux usées sont de préférence installés avec une faible pente en pose enterrée ou en élévation.

Lors d'une pose enterrée, il faudra s'assurer que les tuyauteries reposent bien sûr toute leur longueur (pour cela il faudra réaliser des niches à l'emplacement des collerettes) et se reporter aux indications du fabricant pour réaliser les opérations de compactage.

Lorsque le sol est peu portant, il faudra réaliser, sous le lit de pose, la mise en place d'un matériau filtrant (gravier...) sur une épaisseur de 15 cm minimum. Lorsque la présence d'eau est importante, on disposera en fond de fouilles un film géotextile.

Les joints sur les tuyauteries à collerette étaient exécutés de la manière suivante :

- Joint au bitume pour les eaux acides : 1/3 en corde goudronnée pour ménager un jeu de 5 mm ou fond de l'emboîtement ; 2/3 en bitume coulé dans l'espace annulaire en respectant les mêmes précautions que pour le joint coulé au plomb.
- Joint au ciment dosé à 500 kg/m³ de sable fin : 1/3 en corde goudronnée ; 2/3 en mortier de ciment maté à refus, formant solin sur l'emboîtement.

Il existe aujourd'hui des joints d'étanchéité en élastomères intégrés aux tuyauteries qui assurent étanchéité par compression, ou des joints par manchons du même type que ceux utilisés pour les PVC assainissement.

Ces systèmes d'étanchéité font l'objet d'un avis technique.

3.4 Tuyauteries en amiante-ciment

Leur utilisation n'est plus autorisée dans les installations neuves.

Les tuyauteries en amiante-ciment existent en 2 séries :

- la série bâtiments : pour les descentes d'eaux pluviales, ventilation, aération, fourreau, descentes d'ordures ménagères... ;
- la série assainissement et sanitaire : pour les descentes d'eaux usées, les chutes de WC, les égouts...

Ces deux séries se fabriquaient dans des diamètres allant de 60 à 400 mm et dans des longueurs allant de 0,50 à 4 m (tableau 13.12).

La société Eternit, qui a commercialisé pendant des années les tuyauteries en fibres-ciment, a arrêté la production en 1997 (les dernières tuyauteries contenant de l'amiante ont été produites en 1994). Elle continue à fabriquer les gaines de ventilation de section rectangulaire sans amiante.

Lors des chantiers de rénovation, il faudra prendre toutes les dispositions nécessaires pour éviter la propagation de fibres d'amiante dans l'air et assurer la protection des personnes présentes sur les lieux des travaux.

Attention

Les déchets contenant de l'amiante font l'objet d'une procédure particulière de neutralisation. Ils sont considérés comme des déchets spéciaux et font l'objet d'une collecte spécifique, ils devront être identifiés.

Toutes les personnes présentes sur un chantier de désamiantage devront être équipées pour assurer leur protection individuelle (combinaison jetable type 5-6, masques respiratoires de type FFP3 ou masques à cartouche SR 100, confinement des locaux et installation d'un extracteur d'air avec filtration, aspirateur spécialisé, sacs de collecte identifiés amiante, signalisation chantier amiante...). Pour toutes ces raisons, le désamiantage est confié à des entreprises spécialisées.

Tableau 13.12 – Dimensions des anciennes tuyauteries en amiante-ciment (Société Eternit)

Diamètre intérieur	Épaisseur	Diamètre extérieur
100	7,5	115
125	8	141
150	8	166
175	8	191
200	9	218
250	11	272
300	11,5	323

On pourra trouver dans d'anciennes constructions les dimensions extérieures suivantes 115, 116, 141, 144, 166, 167, 191, 218, 223, 272, 278, 323, 332... Il faudra dans tous les cas trouver un manchon d'adaptation pour pouvoir se raccorder sur ces tuyauteries.

La société Norham propose une gamme de raccords d'adaptation en caoutchouc EPDM et colliers inox résistant à des températures comprises entre –30 °C et +140 °C pour une pression maximale de 0,6 bar. Vous trouverez plus d'informations sur le site www.Norham.fr.

3.5 Tuyauteries en plomb

Le plomb n'est plus employé que pour les tuyauteries d'évacuation et les pièces d'étanchéités.

Les tuyauteries d'évacuation sont en plomb refondu dulcifié et ne doivent pas présenter de traits de filage d'une profondeur supérieure à 0,5 mm.

On trouve encore des tuyauteries au détail pour effectuer des réparations sur les installations existantes, les dimensions sont données dans le tableau 13.13.

Tableau 13.13 – Dimensions des tuyauteries en plomb pour évacuations

Diamètre (mm)	Épaisseur (mm)	Masse au mètre (kg)	Diamètre (mm)	Épaisseur (mm)	Masse au mètre (kg)
10	1,5	0,61	50	4,5	8,74
13	1,5	0,77	60	5	11,58
16	1,5	0,93	80	3	8,55
20	2	1,56	80	5	15,15
27	2,5	2,45	90	5	16,93
30	3	3,52	100	3	10,68
35	3,5	4,80	100	5	18,72
40	4	6,27	110	5	20,50

■ Cintrage des tuyaux en plomb

Les tuyaux se cintrent généralement à vide, à froid ou à chaud, en prenant appui sur le genou sur un sac de plâtre. Il est parfois nécessaire d'utiliser une coquille (figure 13.25) ou un chapelet de billes (figure 13.26) que l'on place à l'intérieur de la tuyauterie pour éviter sa déformation lors du cintrage.

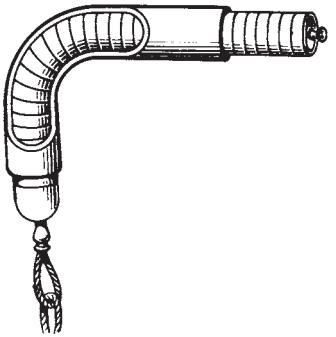


Figure 13.25 – Coquille pour cintrage

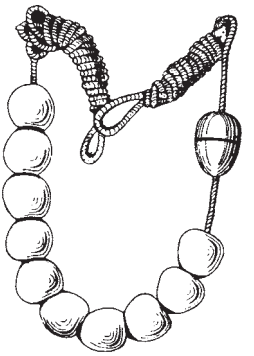


Figure 13.26 – Chapelet de bille

Dans la pratique
Ce type de cintrage n'est plus réalisé.

■ Soudure du plomb

Les soudures sur les tuyauteries en plomb s'appellent des nœuds. Les nœuds de jonction doivent être emboîtés dans le sens de la direction de l'eau, le bout à prolonger est taillé en biseau, l'autre bout est évidé en entonnoir à l'aide d'une toupie (figure 13.27).

Les parties de métal qui doivent être soudées seront nettoyées au grattoir.

On chauffe le plomb à l'aide d'un chalumeau propane, on le frotte avec un pain de stéarine, on y applique le bout de la baguette de soudure qui fond au contact du plomb et étame toute la surface, on charge ensuite la soudure en épaisseur. On donne la forme à la soudure à l'aide

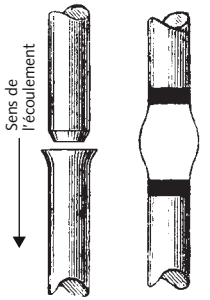


Figure 13.27 – Nœud de jonction

d'un porte-soudure (pièce fabriquée avec un tissu de coton épais et serré, immergé à chaud dans du suif liquide).

Il ne faut surtout pas bouger la soudure avant qu'elle ne soit complètement refroidie, cela entraînerait sa rupture.

Si la tuyauterie est recouverte de peinture, il faudra la gratter sur une longueur d'environ 10 cm, un chiffon humide permettra d'éviter la transmission de chaleur sur la tuyauterie. Un écran de soudure permettra d'éviter de brûler la peinture des murs.

Le façonnage des tuyauteries en plomb étant une opération délicate, on préférera l'utilisation de tuyauterie en cuivre ou en PVC.

Le soudage d'une tuyauterie ou de raccords cuivre sur une tuyauterie en plomb nécessite une opération supplémentaire : il faut étamer la pièce en cuivre à l'aide d'un fil d'étain et de décapant. C'est seulement une fois que la pièce en cuivre est étamée que l'on peut effectuer la soudure sur la tuyauterie en plomb à l'aide de la stéarine et d'une baguette de soudure.

■ Soudure autogène du plomb

La soudure autogène du plomb est possible mais la flamme étant beaucoup plus localisée qu'avec un chalumeau propane, il faudra faire attention aux surchauffes pour éviter de percer la tuyauterie.

La tubulure femelle est évasée à 45° pour former un godet dont la hauteur est sensiblement égale à l'épaisseur de son bord. Le bord du cône sera fondu au chalumeau, il constituera le métal d'apport.

On emploie les buses suivantes (tableau 13.14).

Tableau 13.14 – Buses pour soudure autogène du plomb

Épaisseur à souder (mm)	Buse à employer
2	25
3	50
4	75
5	75
6	100

3.6 Tuyauteries en cuivre

Les tuyauteries en cuivre sont utilisées pour les installations d'évacuation des eaux usées principalement dans les petits diamètres lorsque les tuyauteries en PVC ne peuvent être utilisées (cloisons coupe-feu…).

Les tuyauteries sont soudées à la brasure tendre (fil d'étain) ou à la brasure forte (baguette cuivre-phosphore) par capillarité.

Les techniques de façonnage et d'assemblage sont les mêmes que pour les tuyauteries d'eau sous pression.

Le tableau 13.15 précise les principales dimensions utilisées.

Tableau 13.15 – Dimensions des tuyauteries en cuivre

Dimensions (mm)
24 × 25
30,4 × 32
34,4 × 36
38,4 × 40
48 × 50
60,6 × 63
76,8 × 80
96 × 100

3.7 Tuyauteries en acier

En France, on emploie assez peu le tube acier pour les vidanges. Néanmoins son emploi est conseillé ou toléré par certains DTU. De plus, son usage est recommandé dans certains cas (ERP, immeubles de grande hauteur, évacuations de toitures terrasses...).

Les techniques de façonnage et d'assemblage sont les mêmes que pour les tuyauteries d'eau sous pression.

3.8 Tuyauteries d'évacuation PVC

Les tuyauteries PVC sont très employées de nos jours. Néanmoins le non-respect des règles de pose provoque souvent des dysfonctionnements ou des sinistres.

Les tubes sont vendus en longueur de 1 à 5 m dans les diamètres 32, 40, 50, 63, 75, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 200, 250, 315 pour les séries eaux usées – EU (attention il a existé le diamètre 80, on trouve encore des raccords et des tubes pour les opérations de rénovation) et dans les diamètres 50, 80, 100, 125 pour les séries eaux pluviales – EP (elles ont une épaisseur plus faible et ne peuvent pas être utilisées pour les réseaux d'eaux usées). On trouve aussi pour des raisons de décoration des tuyauteries carrées, ovales ou rectangulaires associées aux gouttières (tableau 13.16).

La couleur des tubes est gris clair, parfois gris foncé, on trouve aussi des tubes et raccords blancs dans les diamètres 32, 40, 50 et 100 pour les tuyauteries d'évacuation d'eaux usées, grises ou beige (sable) pour les tuyauteries d'évacuation d'eaux pluviales.

Attention, on trouve dans de nombreuses grandes surfaces de bricolage des tuyauteries qui ne sont pas NF et qui présentent des caractéristiques (résistance mécanique à la température…) bien plus faibles que les séries NF.

De nouveaux types de tuyauteries apparaissent pour satisfaire la nouvelle réglementation acoustique. Les fabricants proposent des gammes de tuyauterie ayant de meilleures performances acoustiques que la série standard. Elles nécessitent le respect de règles de pose particulières et l'utilisation de la gamme d'accessoires prévue pour diminuer les nuisances acoustiques.

Tableau 13.16 – Dimensions des tuyauteries d'évacuation en PVC – EU

Diamètre nominal (mm) (diamètre extérieur)	**Dimensions (mm) (diamètre extérieur × épaisseur)**
32	32 × 3
40	40 × 3
50	50 × 3
63	63 × 3
75	75 × 3
(80)	*80 × 3*
90	90 × 3
100	100 × 3

…

Diamètre nominal (mm) (diamètre extérieur)	Dimensions (mm) (diamètre extérieur × épaisseur)
110	110 × 3,2
125	125 × 3,2
140	140 × 3,2
160	160 × 3,2
200	200 × 3,9
250	250 × 4,9
315	315 × 6,2

Les tuyauteries de la série évacuation doivent être identifiées par un marquage indélébile qui comporte :

- la marque commerciale ou le sigle du fabricant ;
- le numéro de l'avis technique ;
- le logo NF qui précise la famille du tube (E : évacuation, A : assainissement, P : pression) ;
- le symbole du matériau utilisé ;
- les dimensions du tube (diamètre extérieur × épaisseur) ;
- l'application prévue (EU : eaux usées, EP : eaux pluviales) ;
- un numéro d'identification (traçabilité).

Il existe de nombreuses pièces de raccordement : coudes mâle-femelle ou femelle-femelle à 20°, 30°, 45°, 67° 30, 87° 30, des culottes et embranchements simples, parallèle, d'équerre, oblongue, des tés pied de biche…

Les raccords de la série évacuation certifiées par la marque NF sont identifiés par un marquage indélébile qui comporte :

- le classement au feu M1 (NF M1) ;
- la marque du fabricant ;
- les valeurs d'angles ;
- le diamètre nominal (diamètre extérieur) ;
- le logo NF (qui peut apparaître sur l'emballage pour les petits raccords).

L'emploi du PVC (polychlorure de vinyle non plastifié) pour la réalisation d'évacuation d'eaux usées, d'eaux-vannes, de réseaux enterrés, de ventilations, chutes, collecteurs, vidanges… nécessite le respect de quelques règles (NF DTU 60.33 P 1.1 et P 1.2, octobre 2007).

Le façonnage ou formage à chaud du PVC est interdit (exception faite

pour le façonnage d'emboîtures sur les parties apparentes ou accessibles), on préférera l'utilisation de manchons.

Les opérations d'usinage ne sont autorisées, à la lime, à la meule ou à l'aide d'un outil adapté, que pour la réalisation de chanfrein à l'extrémité des tubes après la coupe.

Le soudage à chaud n'est autorisé que lorsqu'il est réalisé en usine.

Les tuyauteries qui présentent des traces sombres (traces de carbonisation) ou des traces claires (traces de choc, de torsion ou de flexion) ou des entailles profondes doivent être mises au rebut.

Le raccordement par collage bout à bout de deux pièces est interdit.

Les installations d'évacuation des eaux usées des laveries, cuisines industrielles ou collectives ne doivent pas être réalisées à l'aide de tuyauterie en PVC (en amont du bac dégraisseur). Il faudra utiliser du PVC-C bénéficiant d'un avis technique favorable.

■ Assemblages par collage des tuyauteries et raccords PVC

L'assemblage des tuyauteries et raccords PVC par collage s'effectuera sur des éléments propres en respectant les consignes suivantes (figure 13.28) :

- Utiliser une colle titulaire d'un avis technique et respecter son mode d'emploi (température d'utilisation, hygrométrie, date de péremption, etc.).
- Lorsque la tuyauterie est coupée, ébavurer et reconstituer un chanfrein avec un angle compris entre 15 et 30°.
- Nettoyer la tuyauterie si cela est nécessaire.
- Dépolir les parties à assembler à l'aide d'une toile émeri fine ou d'un papier de verre.
- Tracer sur la partie mâle la longueur de la partie à coller (profondeur de l'emboîture).
- Essuyer les parties à assembler avec un chiffon propre puis dégraisser la tuyauterie à l'aide du décapant compatible avec la colle et laisser évaporer le décapant.
- Appliquer la colle à une température comprise entre 5 et 35 °C en moins de 60 s à l'aide du pinceau, sans excès sur l'ensemble des deux parties à encoller (à l'entrée de l'emboîture et sur la partie mâle dans le sens longitudinal). Il ne doit pas y avoir de projections d'eau sur la colle, cela rendrait le collage inefficace.
- Emboîter immédiatement les deux parties encollées jusqu'au repère tracé, sans mouvement de torsion. Sauf précision particulière du fabricant de la colle, les collages ne doivent pas être manipulés pendant une heure.
- À l'aide d'un chiffon propre, on nettoiera la colle en excès à l'extérieur du collage.

- S'assurer que les pots de colle et de décapants restent fermés après chaque usage (un pot contenant de l'eau de pluie doit être jeté).

En cas de pose de tuyauterie enterrée, si de la colle ou du décapant ont été renversés dans la terre, il faudra enlever la terre souillée.

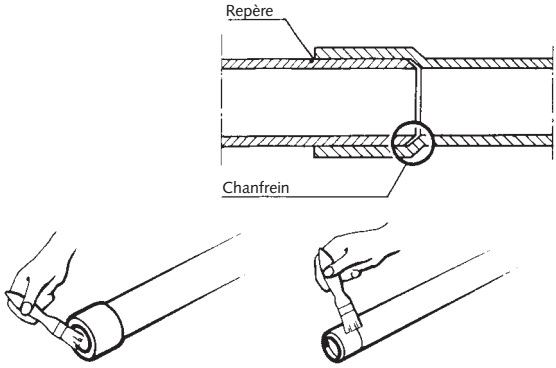


Figure 13.28 – Encollage de tubes PVC

■ Assemblage par bagues étanchéité des tuyauteries et raccords PVC

On distingue deux types d'assemblages :

- les **assemblages fixes** (raccords à joints) qui assurent l'étanchéité ;
- les **assemblages coulissants** (manchon de dilatation) qui assurent l'étanchéité et permettent le mouvement longitudinal de la tuyauterie (dilatation ou retrait).

Attention

Les manchons de dilatation sont différents pour les tuyauteries verticales et les tuyauteries horizontales.

L'assemblage des tuyauteries et raccords PVC par bagues d'étanchéité s'effectuera sur des éléments propres en respectant les consignes suivantes :

- Lorsque la tuyauterie est coupée, ébavurer et reconstituer un chanfrein avec un angle compris entre 15 et 30°.

- Nettoyer la tuyauterie si cela est nécessaire.
- Tracer sur la partie mâle la longueur de la partie à emboîter (profondeur de l'emboîture).
- Lubrifier le chanfrein et le tube de la partie mâle (attention, il faut utiliser des huiles ou graisses compatibles avec le joint en élastomère).
- Contrôler la bonne position de la bague étanchéité ainsi que sa propreté.
- Emboîter le tube dans l'emboîture jusqu'au repère tracé, laisser un espace entre le tube et l'emboîture pour permettre la dilatation éventuelle.
- Fixer la tuyauterie.

■ Assemblage d'une tuyauterie PVC sur une tuyauterie d'une autre nature

Il existe de nombreuses manières de raccorder une tuyauterie PVC sur une autre tuyauterie : raccords à joints américains, raccords à joint torique, raccords à joints coniques, raccords à joints plats, assemblage par brides et collets, assemblage par raccords trois-pièces, assemblage par manchette spéciale (pipe de WC par exemple), assemblage par bagues à compression (par exemple : raccords fonte SMU)… Ces raccords font l'objet d'une norme ou d'un avis technique.

Lorsque la partie mâle du tube PVC n'est pas adaptée à l'emboîture du tube d'une autre nature, et qu'il n'existe pas de pièces d'adaptation, on pourra colmater l'espace qui subsiste de mastic silicone.

■ Pose des canalisations PVC dans les bâtiments

Les percements dans les poutrelles précontraintes sont interdits.

Les crochets doivent être serrés légèrement afin de permettre le glissement de la tuyauterie. Seuls les crochets constituant **un point fixe** seront serrés complètement.

Les pièces lourdes (siphons,…) seront fixées séparément.

Les tuyauteries ne devront pas être soumises de manière permanente à une température dépassant les 50 °C, il faudra prendre les mesures nécessaires pour les protéger de la chaleur (ventilation, isolation…) ou utiliser du PVC C.

Les tuyauteries seront protégées des chocs par des dispositifs appropriés.

Pour les poses en gaines inaccessibles, seuls les assemblages par collage et les manchons de dilatation sont autorisés.

■ Écartement des colliers

L'écartement maximum entre les colliers est donné dans le tableau 13.17.

Tableau 13.17 – Écartement maximum entre 2 colliers supportant une tuyauterie PVC d'évacuation en fonction du diamètre extérieur

Écartement entre 2 colliers (m)	Diamètre extérieur (mm)		
	32, 40, 50, 63	75, 90, 100, 110, 125, 140	160, 200, 250
Canalisations d'allure horizontales	0,5	0,8	1
Canalisations d'allure verticales	2,70		

Il faudra définir les colliers constituant des supports et les colliers constituants des points fixes en fonction des indications suivantes.

■ Dilatation des tubes PVC – points fixes

Les tuyauteries PVC présentent une dilatation qui peut atteindre 1 % de leur longueur (0,8 mm par mètre pour un écart de 10 °C).

Toute partie droite de canalisation d'une longueur supérieure à 1 m entre deux points fixes doit comporter un joint de dilatation.

Un point fixe est constitué par :

- un collier serré,
- un encastrement,
- un scellement.

Les branchements situés à une distance supérieure à 2 m d'un point fixe doivent être fixés de manière à constituer eux-mêmes des points fixes, un joint de dilatation doit donc être installé entre les deux.

La distance entre deux points fixes ne doit jamais être supérieure à :

- 3 m : vidanges individuelles, collecteurs d'appareils ;
- 4 m : canalisations verticales ;
- 8 m : canalisations ou collecteurs principaux allure horizontale.

Les colliers constituants les points fixes doivent être positionnés à une distance d'au moins 20 cm des tés, coudes, culottes, manchons de dilatation…

Manchons de dilatation verticaux : Chaque manchon de dilatation constituera un point fixe. Dans la pratique, pour les parties verticales, on installera un manchon de dilatation par étage (figure 13.29).

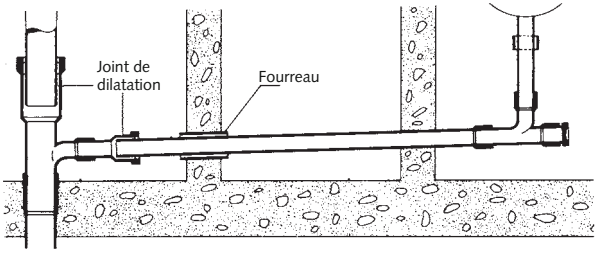


Figure 13.29 – Montage des manchons de dilatation

■ Pose en enrobé ou en encastré

Lors d'une pose en encastré, la dilatation est bloquée, il faut réaliser des points fixes au moins tous les 2 mètres et au moins à 10 cm des sorties des tubes.

La réalisation de points fixes se fait par collage d'une surépaisseur (coquille), le tube doit être au contact du matériau de construction, il doit y avoir une épaisseur d'au moins 2,5 cm autour du tuyau.

■ Traversée de mur ou de plancher

Toute partie de moins de 1 m rendue inaccessible doit être considérée comme une traversée de mur ou de plancher.

La traversée des murs et cloisons se fera en fonction des points fixes déterminés dans l'étude. On réalisera :

- des points fixes : tuyauteries prises dans la maçonnerie ;
- des traversées avec jeu, sous fourreau ; réalisés en tubes PVC, ils permettent la libre dilatation du tube dans le sens longitudinal, l'espace entre le tube et le fourreau doit être rempli de matériau isolant phonique.

■ Pose de canalisations PVC enterrées

Dans l'emprise du bâtiment ou à l'extérieur, les canalisations PVC utilisées pour une pose enterrée doivent être des tubes TEE (tubes d'évacuation enterrée) ou des tubes de la série assainissement pour la pose sous les voiries ou parkings (CR 4, CR 8…).

Ces deux séries de tubes ont une résistance à la compression plus importante que les séries de tubes PVC EU standard.

Pour les maisons individuelles, l'assemblage doit se faire par collage.

■ Pose d'une canalisation enterrée (hors voiries et parkings)

Tuyauterie posée avec une pente minimale de 2 cm par mètre (figure 13.30).

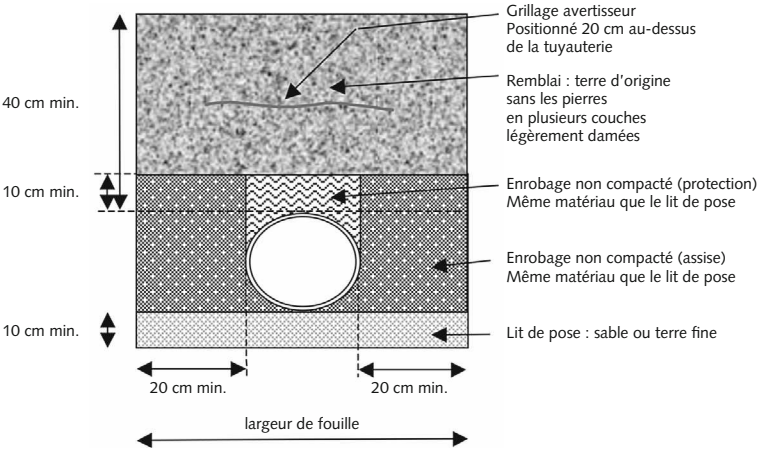


Figure 13.30 – Pose d'une canalisation enterrée en évacuation (hors voiries et parkings)

L'épaisseur du remblayage au-dessus de la tuyauterie peut être réduite ; dans ce cas, la tuyauterie sera recouverte de béton.

Les catalogues proposés aujourd'hui par les fabricants permettent d'avoir une vision complète de l'offre proposée. De la même manière, on trouvera en ligne des renseignements techniques et commerciaux (www.nicoll.fr, www.girpi.fr, fr.wavin.com… et plus généralement sur le site du syndicat des tubes et raccords plastiques www.str-pvc.org).

4 Évacuation des eaux pluviales

4.1 Étude des installations d'évacuation des eaux pluviales

La section des gouttières et chéneaux se calcule à l'aide des formules et tableaux que l'on trouvera dans le DTU 60.11.

Les calculs sont effectués pour un débit maximal de 3 l/min par mètre carré de projection horizontale, soit 0,05 l/s.m² (180 mm de précipitations en 1 h), en France métropolitaine, et 4,5 l/min.m², soit 0,075 l/s.m² (270 mm de précipitations en 1 h), pour les DOM.

On considérera deux cas :

- les descentes extérieures (DTU 60.11) ;
- les descentes internes aux bâtiments (DTU 60.1).

Un coefficient doit s'appliquer dans le cas des chéneaux intérieur (Annexe A du DTU 60.11.P3).

■ Projection horizontale d'une toiture

La projection horizontale d'une toiture correspond à sa surface projetée au sol (partie en gris sur la figure 13.31).

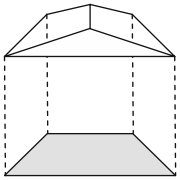


Figure 13.31 – Projection horizontale d'une toiture

Les caractéristiques des gouttières, la position des naissances, les longueurs maximum de gouttières, le nombre et la position des manchons de dilatation… sont donnés en fonction du DTU 60.11 et des avis techniques.

On aura par exemple :

- Pour une gouttière de développé 25 cm en PVC (section 57 cm²) :
  - une surface maximum de 35 m² ;
  - une longueur maximale de 12 m de gouttière par naissance ;
  - une longueur maximale de 12 m de chaque côté d'un joint de dilatation ;
  - une pente minimale de 5 mm/m.
- Pour une gouttière de développé 33 cm en PVC (section 113 cm²) :
  - une surface maximum de 95 m² par descente diamètre 100 ;
  - une surface maximum de 160 m² par descente diamètre 125 ;
  - une longueur maximale de 12 m de gouttière par naissance ;
  - une longueur de 12 m de chaque côté d'un joint de dilatation ;
  - une pente minimale de 5 mm/m.

Les crochets se posent au cordeau, l'espacement entre 2 colliers est de 50 cm maximum, les colliers d'extrémités se trouvent au moins à 5 cm des naissances ou fonds de gouttière.

On trouvera des catalogues en ligne précisant les règles de pose et les accessoires sur le site www.nicoll.fr.

■ Descentes d'eau pluviale

Le DTU 60.11 précise les surfaces maximum de toitures desservies en fonction des diamètres intérieurs des tuyauteries de descente d'eau pluviale pour un débit au maximum de 3 l/min.m² (tableau 13.18).

Il conviendra de consulter également les DTU de la série 40 pour des informations complémentaires et le DTU de la série 43 pour les toitures comportant un revêtement d'étanchéité.

On trouvera dans les tableaux 13.18 et 13.19 les valeurs pour les descentes raccordées à des gouttières situées en bordure de toiture.

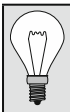
Tableau 13.18 – Correspondance entre les diamètres intérieurs des tuyauteries de descente d'eau pluviale et les surfaces de toiture desservie, en France métropolitaine : diamètres de 60 à 160 mm

Diamètre intérieur des tuyauteries de descente (mm)	Surface de toiture (projection horizontale) (m²)
60	40
70	55
80	70
90	91
100	113
110	136
120	161
130	190
140	220
150	253
160	287

Pour les naissances ayant un diamètre de raccordement supérieur ou égal à 170 mm, on utilisera le tableau 13.19.

Tableau 13.19 – Correspondance entre les diamètres intérieurs des tuyauteries de descente d'eau pluviale et les surfaces de toiture desservie en France métropolitaine : diamètres de 170 à 360 mm

	Surface de toiture (m^2)			
Diamètre intérieur des tuyauteries de descente (mm)	**Raccordement par moignon cylindrique**		**Raccordement par un large cône ou cuvette (naissance tronconique)**	
170	287	1 cm^2 de tuyauterie de descente évacue 1 m^2 de surface de toiture projetée.	324	0,7 cm^2 de tuyauterie de descente évacue 1 m^2 de surface de toiture projetée.
180	287		363	
190	287		406	
200	314		449	
210	346		494	
220	380		543	
230	415		593	
240	452		646	
250	490		700	
260	530		758	
270	570		815	
280	615		880	
290	660		945	
300	700		1 000	
310	755			
320	805			
330	855			
340	908			
350	960			
360	1 000			



Attention

Selon le type de toiture, la position, la forme de la gouttière ou des cheneaux, de la pente, un coefficient de sécurité doit être appliqué (DTU 60.11).
Pour les toitures ayant un revêtement d'étanchéité (au sens du DTU des séries 43), les valeurs seront différentes (DTU 60.11).

Exemple

Pour une toiture de 190 m² en 2 versants, on aura deux parties de toiture de 95 m² chacune que l'on pourra raccorder (d'après les tableaux 13.18 et 13.19) sur une tuyauterie de diamètre intérieur compris entre 90 et 100 mm. On choisira par exemple une tuyauterie PVC 100 × 3.

☐ Regroupement de descentes

Lorsque l'on regroupe plusieurs descentes, le diamètre sera déterminé à partir du tableau 13.20. Si le tableau donne un diamètre inférieur au diamètre de l'une des descentes, on conservera le diamètre le plus grand.

Tableau 13.20 – Détermination pour un regroupement de descentes d'eaux pluviales des diamètres intérieurs de la tuyauterie, DTU 60. 11

Diamètre intérieur (mm)	Débit (l/s)
60	1,2
65	1,5
70	1,8
75	2,2
80	2,6
85	3,0
90	3,5
95	4,0
100	4,6

…

Diamètre intérieur (mm)	Débit (l/s)
110	6,0
120	7,6
130	9,4
140	11,4
150	13,7
160	16,3
170	19,1

Il faut additionner les débits.

Ce tableau ne s'applique pas si la descente comporte des coudes de plus de 10°. Dans ce cas, le débit d'évacuation se calcule comme pour un collecteur horizontal ayant un taux de remplissage ≤ 70 %.

Exemple

Si on regroupe une descente de DI 70 et une autre de DI 90, on aura un débit cumulé de 1,8 + 3,5 = 5,3 l/s. La descente commune devra avoir un diamètre minimum de 110 mm.

■ Collecteur d'eaux pluviales

Pour déterminer le diamètre intérieur d'un collecteur d'eaux pluviales ayant un taux de remplissage ≤ 70 %, on utilisera le tableau 13.21.

Le diamètre du collecteur ne peut pas être plus petit que celui de la descente.

Pour les toitures terrasses, il conviendra de se reporter aux DTU 60.11 et correspondants.

Exemple

Pour un collecteur regroupant deux descentes PVC 100, le débit maximum sera : 2 × 4,6 = 9,2 l/s (tableau 13.20). Il faudra choisir un collecteur :
– DN 125 avec une pente ≥ 20 mm/m
– DN 150 avec une pente ≥ 10 mm/m

Tableau 13.21 – Débit et vitesse d'écoulement dans le collecteur en fonction de la pente et du diamètre – Réseaux eaux pluviales

Pente (mm/m)	DN 100		DN 125		DN 150		DN 200		DN 225		DN 250		DN 300	
	Q_{max} (l/s)	Vitesse (m/s)	Q_{max} (l/s)	Vitesse (m/s)	Q_{max} (l/s)	Vitesse (m/s)	Q_{max} (l/s)	Vitesse (m/s)	Q_{max} (l/s)	Vitesse (m/s)	Q_{max} (l/s)	Vitesse (m/s)	Q_{max} (l/s)	Vitesse (m/s)
5	2,9	0,5	4,8	0,6	9,0	0,7	16,7	0,8	26,5	0,9	31,6	1,0	56,8	1,1
10	4,2	0,8	6,8	0,9	12,8	1,0	23,7	1,2	37,6	1,3	44,9	1,4	80,6	1,6
15	5,1	1,0	8,3	1,1	15,7	1,3	29,1	1,5	46,2	1,6	55,0	1,7	98,8	2,0
20	5,9	1,1	9,6	1,2	18,2	1,5	33,6	1,7	53,3	1,9	63,6	2,0	114,2	2,3
25	6,7	1,2	10,8	1,4	20,3	1,6	37,6	1,9	59,7	2,1	71,1	2,2	127,7	2,6
30	7,3	1,3	11,8	1,5	22,3	1,8	41,2	2,1	65,4	2,3	77,9	2,4	140,0	2,8
35	7,9	1,5	12,8	1,6	24,1	1,9	44,5	2,2	70,6	2,5	84,2	2,6	151,2	3,0
40	8,4	1,6	13,7	1,8	25,8	2,1	47,6	2,4	75,5	2,7	90,0	2,8	161.7	3,2
45	8,9	1,7	14,5	1,9	27.3	2,2	50.5	2,5	80.1	2,8	95,5	3,0	171,5	3,4
50	9,4	1,7	15,3	2,0	28,8	2,3	53,3	2,7	84,5	3,0	100,7	3,1	180,8	3,6

4.2 Tuyauterie métallique

Elles ne peuvent être posées qu'à l'extérieur des bâtiments. On trouvera des tuyauteries en zinc, en cuivre, en aluminium peint, en acier galvanisé, en inox… de forme ronde, carrée, ou rectangulaire.

Les règles de calcul s'appliqueront de la même manière (DTU 60.11).

4.3 Systèmes d'évacuation des eaux pluviales par effet siphoïde

Il conviendra de respecter les avis techniques de chaque système. Un document reprenant les prescriptions techniques communes (Cahier 3600 du CSTB) reprend les caractéristiques générales.

L'évacuation par effet siphoïde concerne les toitures comportant des chéneaux extérieurs, les toitures terrasses inaccessibles… (il conviendra de se reporter au cahier 3600). L'ensemble de la toiture doit être équipé du même dispositif d'évacuation des eaux pluviales (siphoïde ou gravitaire).

L'évacuation des eaux pluviales par effet siphoïde est un dispositif qui crée une dépression dans la tuyauterie d'évacuation, la vitesse d'évacuation de l'eau y est plus importante que dans un système gravitaire, les naissances d'évacuation sont des pièces spécialement conçues pour cet usage.

Les caractéristiques de l'installation (nombre de descentes, surfaces desservies, collecteurs, trop-plein…) sont définies pour chaque système.

Le raccordement au réseau gravitaire devra permettre la décompression, il sera décrit dans l'avis technique du système proposé.

L'utilisation d'un système siphoïde nécessite une visite et un nettoyage au moins deux fois par an (automne et printemps). Dans certains cas, il pourra être effectué tous les trois mois la première année.

4.4 Fixation des descentes d'eaux pluviales

Les colliers sont fixés en tête des tuyauteries (partie haute), il doit y avoir au moins 1 collier par élément. L'espacement maximum entre 2 colliers est de 2 m, sauf pour :

- les tuyauteries en fonte : 2,70 m ;
- les tuyauteries en cuivre : 2,50 m.

Lorsque les tuyauteries sont lisses, il conviendra de souder des bagues de blocage.

14
INSTALLATION D'ASSAINISSEMENT AUTONOME

Les installations d'assainissement autonome pour les maisons individuelles allant jusqu'à 20 pièces principales sont définies dans le NF DTU 64.1 d'août 2013.

Il a pour but de traiter et d'éliminer les eaux usées domestiques lorsqu'il n'y a pas de possibilité de se raccorder au réseau public d'assainissement. Ce DTU ne traite pas du traitement des eaux de piscine, des eaux pluviales et des condensats.

Les anciennes installations (avant 1982) ne traitaient que les eaux-vannes (eaux des WC). Depuis l'apparition des fosses « toutes eaux », toutes les eaux usées d'une habitation sont traitées dans le système d'assainissement autonome.

En aucun cas, les eaux pluviales ne seront raccordées au système d'assainissement. Dans certaines régions, en fonction de la nature du terrain et de la géographie, il est prévu une cuve tampon et un épandage spécifique aux eaux pluviales.

Depuis 2012, les communes sont dans l'obligation d'effectuer des contrôles sur les installations d'assainissement autonome (diagnostic et contrôle de bon fonctionnement et d'entretien). Le service public d'assainissement non collectif (SPANC) est chargé de contrôler toutes les étapes lors de la réalisation d'un assainissement autonome.

Le propriétaire a l'obligation de disposer d'une installation en bon état de fonctionnement et d'effectuer l'entretien nécessaire.

1 Structure d'une installation d'assainissement autonome

Les eaux usées sont collectées dans l'habitation en respectant les règles du DTU 60.1, elles sont canalisées vers la fosse toutes eaux par une tuyauterie ayant une pente comprise entre 2 et 4 %.

La fosse septique assure un prétraitement de l'eau qui est ensuite canalisée vers le système d'épandage souterrain, celui-ci assure l'épuration des eaux usées avant leur retour dans la nature (figure 14.1).

Il existe différentes manières de réaliser une installation d'assainissement autonome, le choix final sera effectué en fonction de la nature du terrain et de l'étude hydrogéologique qui aura éventuellement été réalisée.

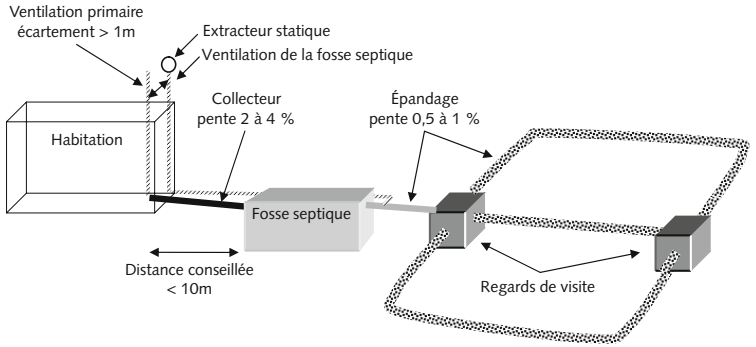


Figure 14.1 – Installation d'assainissement autonome

Le réseau d'épandage doit se situer à une distance :

- d'au moins 5 m d'une habitation ou d'un bâtiment ;
- d'au moins 3 m d'une limite de propriété ;
- d'au moins 35 m d'un puits ou captage d'eau potable ;
- d'au moins 3 m d'un arbre.

Lorsque le terrain ne permet pas l'utilisation d'un épandage souterrain, on utilisera un dispositif équivalent (filtre à sable…).

Le choix du système d'assainissement dépendra de la nature du sol (pente, perméabilité, présence de couches rocheuses, de nappes phréatiques…), de la topographie du terrain (servitudes, clôtures, arbres, surface disponible…).

1.1 Tuyauteries de raccordement

Le diamètre doit être d'au moins 100 mm et de préférence du diamètre de raccordement de la fosse, la pente doit être comprise entre 2 et 4 %.

Un té ou un regard d'inspection sera installé avant le raccordement à la fosse.

1.2 Bac dégraisseur

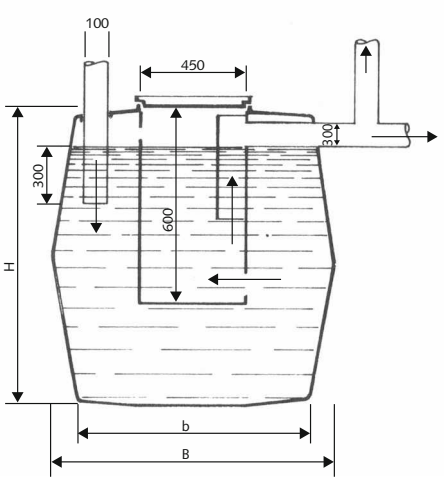
Il est facultatif mais conseillé lorsque la fosse est éloignée de la maison. Il permet d'éviter le dépôt de graisse dans les tuyauteries et doit rester accessible pour son entretien (écrémage des graisses). Il doit être inspecté tous les six mois, nettoyé, vidé et curé.

Son volume minimal est de 200 l lorsqu'il ne collecte que les eaux de cuisine et de 500 l lorsqu'il collecte des eaux ménagères. En aucun cas, les eaux-vannes ne doivent être raccordées sur le bac dégraisseur.

1.3 Fosse septique toutes eaux

La fosse septique permet un prétraitement des eaux usées par le dépôt des parties lourdes qui se désagrègent lentement au fond de la fosse et l'évacuation des parties liquides clarifiées vers le réseau d'épandage. Elle peut être en béton ou en matière plastique (dans ce cas, il faudra respecter les préconisations du constructeur pour effectuer le remblayage cuve pleine).

Son volume minimum est de 3 m³ + 1 m³ par pièce principale supplémentaire.



© **Figure 14.2 –** Fosse septique en polyéthylène Sebico

Remarque

La fosse doit être inspectée au bout de 4 ans et vidangée lorsque la hauteur des boues dépasse la moitié de la hauteur totale.

Elle est munie d'au moins un regard tampon de visite permettant l'accès à la totalité du volume de la fosse ; les regards doivent rester accessibles et visibles.

La fosse septique peut être remplacée par des **systèmes de traitement à boues activées** (les micro-organismes introduits dans la fosse dégradent la pollution en présence d'oxygène) et des **systèmes de traitement à cultures fixées** (les micro-organismes fixés sur un support sont capables de dégrader la pollution en présence d'oxygène). Pour ces deux dispositifs, les boues doivent être vidangées au moins tous les ans.

Attention

Les fosses septiques ont un sens de pose (entrée et sortie) qu'il faut respecter.

1.4 Préfiltre

Facultatif mais fortement recommandé, le préfiltre doit être intégré à la fosse ou séparé. Il se situe en aval de la fosse septique et permet de retenir les particules solides pouvant s'échapper de la fosse afin de limiter les risques de colmatage de l'épandage. Il doit rester accessible pour les opérations de contrôle et de nettoyage.

Il doit être contrôlé une fois par an et lavé tous les huit ans.

1.5 Ventilations

L'amenée d'air est assurée par la ventilation primaire de l'installation sanitaire. Le processus de décomposition des matières organiques produits du méthane, de l'hydrogène sulfuré et du dioxyde de carbone. Il faut évacuer ces gaz à l'extérieur de la fosse à l'aide d'une ventilation secondaire de la fosse septique raccordée en aval de la fosse (d'un diamètre minimum de 100 mm) posée sans contre-pente en utilisant des coudes inférieurs ou égaux à 45°.

Remarque

La distance entre la ventilation primaire et la ventilation secondaire doit être supérieure à 1 m. Cette dernière devra se situer ou moins à 40 cm au-dessus du faîtage.

L'extrémité de la ventilation secondaire sera équipée d'un extracteur statique ou éolien. Il faudra prendre soin de munir les ventilations de dispositifs antimoustiques (moustiquaire) afin d'éviter la ponte dans la fosse.

1.6 Épandage

La disposition, la constitution et la longueur de l'épandage dépend essentiellement de la nature du terrain et de son dénivelé. On pourra réaliser une tranchée d'infiltration, un lit d'épandage à faible profondeur, un filtre à sable vertical drainé ou non drainé, un tertre d'infiltration non drainé.

Les réseaux de distribution et d'épandage devront être contrôlés tous les 4 ans.

D'une manière générale aucun revêtement imperméable à l'air ne doit recouvrir la surface d'épandage, l'épaisseur de terre ne doit pas dépasser 20 cm et doit être séparé du drain par un feutre géotextile.

Le tuyau d'épandage sera entouré de gravier d'une granulométrie comprise entre 10 et 40 mm sur une largeur et une profondeur qui variera en fonction du type d'épandage choisi.

La longueur d'une tuyauterie ne devra pas dépasser 30 m.

Les longueurs totales de tranchées dépendront de la perméabilité du sol et pourront varier de 45 m à 80 m au plus pour une habitation de cinq pièces principales.

1.7 Tuyauteries d'épandage

Elles sont rigides ou flexibles, les orifices sont toujours dirigés vers le bas.

D'une manière générale, la zone d'épandage ne doit pas être compactée, les engins de terrassement ne doivent pas circuler sur cette zone avant et après la réalisation de l'épandage. L'épandage doit être réalisé par temps sec pour éviter que la pluie ne tasse les fonds de fouilles.

©

1.8 Regards

Les regards de répartition, de bouclage, ou de contrôle seront équipés de tampons étanches à l'air et à l'eau. Les fonds devront être lisses et éviter la stagnation de l'eau.

1.9 Géotextiles

Les feutres géotextiles placés au-dessous et au-dessus du filtre n'auront pas les mêmes caractéristiques. Le géotextile de séparation situé entre le sable et de gravier (celui du bas) devra avoir une résistance à la traction supérieure à 12 kN/m et une maille comprise entre 400 et 600 µm.

Le géotextile de protection située entre le sable et la terre végétale (celui du haut) devra avoir une résistance à la traction supérieure à 12 kN/m et une maille comprise entre 63 et 100 µm.

1.10 Film imperméable

Lorsqu'il est nécessaire de séparer le système filtrant du sol naturel, on utilisera un film en polyéthylène basse densité d'une épaisseur de 200 µm.

1.11 Poste de relevage

Lorsque le réseau d'épandage se situe au-dessus de l'habitation, il sera nécessaire d'installer un poste de relevage capable d'évacuer les eaux usées vers le système de traitement.

Le poste de relevage sera installé avant ou après la fosse septique et le préfiltre, son volume sera de 100 l (moins de cinq pièces principales) + 25 l par pièce principale supplémentaire, il sera ventilé.

Un accès devra permettre l'intervention sur la pompe, la tuyauterie d'évacuation sera équipée d'un clapet anti-retour.

Le volume pompé à chaque fonctionnement de la pompe ne devra pas dépasser 1/8 de la consommation journalière soit 80 l pour une habitation de moins de cinq pièces principales + 20 l par pièce principale supplémentaire.

La tuyauterie de refoulement devra permettre une vitesse d'écoulement comprise entre 0,7 et 2,3 m/s, soit DN 50 avant la fosse pour un débit de 5 m^3/h et DN 32 pour les eaux en sortie de fosse pour un débit de 2 m^3/h.

Le débit hydraulique journalier est donné dans le tableau 14.1. Le débit de base est de 150 l/habitant/jour.

Tableau 14.1 – Débit hydraulique journalier

Nombre d'habitants	Débit hydraulique (m^3/j)
4	0,6
6	0,9
8	1,2
10	1,5
12	1,8
14	2,1
16	2,4

2 Règles de pose

La fosse septique est implantée de manière à permettre une pente comprise entre 2 et 4 % de la canalisation de raccordement. Elle est posée sur un lit de sable de 10 cm d'épaisseur (lorsque le sol est instable, le sable sera mélangé à du ciment à sec dosé à 200 kg/m^3 sur une épaisseur de 20 cm).

D'une manière générale, on prendra les dispositions nécessaires pour éviter la circulation des engins de chantier sur la future zone d'épandage.

Le remblayage autour de la fosse se fera simultanément des deux côtés avec du sable en maintenant la cuve pleine d'eau.

Pour le choix et la disposition des réseaux d'épandage, on se reportera au DTU.

3 Fosse chimique

Elle ne concerne que les eaux-vannes.

Fonctionnant sans eau ou avec très peu d'eau (le volume de la chasse ne doit pas dépasser 2 l), la dissolution se fait dans la fosse sous l'action d'un produit spécial versé par la cuvette. La ventilation se fait par une tubulure située sur la cuvette ou sur la pipe de raccordement de WC.

L'utilisation des fosses chimiques est réglementée par des arrêtés préfectoraux dont les principales dispositions sont les suivantes :

- Les volumes d'eau introduits dans la fosse doivent être aussi faibles que possible.
- Les substances autorisées sont définies par arrêté préfectoral : soude, potasse, hypochlorite de sodium, de calcium et de potassium. Les additifs seront des parfums naturels ou synthétiques non toxiques.

©

- Le propriétaire ou le locataire est tenu à une déclaration en préfecture ou en mairie.
- Les fabricants sont tenus de faire remplir un imprimé réglementaire par l'acheteur qu'ils devront retourner aux services d'hygiène. Les fabricants délivreront une instruction d'emploi et d'entretien.
- Tout appareil dont l'installation a été autorisée devra porter une plaque d'identification de construction avec la mention du nombre d'usagers.
- Les appareils ne peuvent être placés qu'au niveau du sol ou du sous-sol.

Il existe des modèles de WC chimiques pour caravanes bungalows… fonctionnant sans eau.

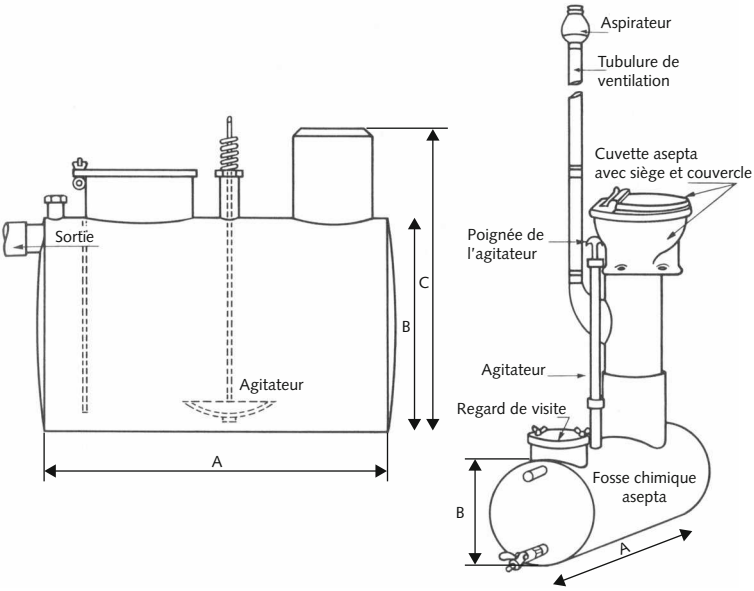


Figure 14.3 – Fosse Asepta

Pour les bâtiments autres que les maisons individuelles, une étude particulière devra être réalisée pour justifier la conception, l'implantation, le dimensionnement et les caractéristiques de l'installation.

15
RÉSEAUX D'INCENDIE

Les règles de protection contre l'incendie dépendent de la nature du bâtiment : habitation individuelle, habitation collective, établissements recevant du public (ERP), immeubles de grande hauteur (IGH)…

Il existe de nombreux textes : des normes, NF EN 671.3, NF EN 12416.2, NF EN 12845, NF S 61.933…, des règles APSAD éditée par le CNPP, l'arrêté du 31 janvier 1986, relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation, du 22 mars 2004 relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et ouvrages, l'arrêté du 25 octobre 2013 relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement, le Code de la construction et de l'habitation – Titre II : Sécurité et protection contre l'incendie qui détermine le classement des immeubles de grandes hauteurs et des établissements recevant du public

Voici quelques points importants extraits de ces textes et réglementations.

1 Classement des immeubles de grande hauteur

Un immeuble de grande hauteur est un immeuble dont la hauteur de plancher est supérieure à la hauteur utilisable par les engins des services publics de secours et de lutte contre l'incendie soit 28 m pour tous les bâtiments et 50 m pour les immeubles à usage d'habitation :

- GHA : immeubles à usage d'habitation ;
- GHO : immeubles à usage d'hôtel ;
- GHR : immeubles à usage d'enseignement ;
- GHTC : immeubles à usage de tour de contrôle ;
- GHS : immeubles à usage de dépôts d'archives ;
- GHU : immeubles à usage sanitaire ;
- GHW1 : immeubles à usage de bureaux, hauteur de plancher comprise entre 28 et 50 m ;

- GHW2 : immeubles à usage de bureaux, hauteur de plancher supérieur à 50 m ;
- GHZ : immeubles à usage mixte, hauteur de plancher comprise entre 28 et 50 m ;
- ITGH : immeuble de très grande hauteur (supérieure à 200 m).

Le choix de l'emplacement d'un IGH est réglementé.

L'immeuble doit être compartimenté en espaces de 1 500 m² et 75 m maximum, étanches aux fumées. Le choix du passage des tuyauteries et leur résistance au feu prend dans ce cas toute son importance.

2 Classement des établissements recevant du public

Les établissements recevant du public sont classés en 5 catégories en fonction de l'effectif du public et du personnel pouvant se trouver dans les locaux :

- 1re catégorie : effectifs supérieurs à 1 500 personnes ;
- 2e catégorie : effectifs compris entre 701 et 1 500 personnes ;
- 3e catégorie : effectifs compris entre 301 et 700 personnes ;
- 4e catégorie : effectifs inférieurs à 300 personnes ;
- 5e catégorie : établissement particulier à faible capacité d'accueil.

3 Réaction au feu des matériaux

La réaction au feu des matériaux représente son aptitude à s'enflammer ou à contribuer au démarrage et à la propagation d'un incendie. Il existe 2 classements.

3.1 Classement M

- M0 : Matériaux incombustibles.
- M1 : Matériaux non inflammables.
- M2 : Matériaux difficilement inflammables.
- M3 : Matériaux moyennement inflammables.
- M4 : Matériaux facilement inflammables.
- M5 : Matériaux très facilement inflammables.

Il est progressivement remplacé par le classement Euroclasse européen.

3.2 Classement Euroclasse

L'arrêté du 21 novembre 2002 met en application le classement européen des Euroclasses – NF EN 13501.1.

Les classes M0 à M4 sont remplacées par les classes A1 à F, pour les produits ayant un marquage CE.

Le verre, la brique, le plâtre et le plâtre armé de fibres de verre, les bétons, mortier de ciment et de chaux, la vermiculite, le ciment, la pierre et l'ardoise, le fer, la fonte, l'acier, l'aluminium, le zinc, le plomb…, les produits céramiques… sont classés conventionnellement A1.

Tableau 15.1 – Réaction au feu des matériaux

<table>
<tr><th colspan="3">Euroclasses – NF EN 13501.1</th><th>Classement M</th></tr>
<tr><td>A1</td><td></td><td></td><td>Incombustible</td></tr>
<tr><td>A2</td><td>s1</td><td>d0</td><td>M0</td></tr>
<tr><td>A2</td><td>s1</td><td>d1</td><td rowspan="6">M1</td></tr>
<tr><td rowspan="2">A2</td><td>s2</td><td>d0</td></tr>
<tr><td>s3</td><td>d1</td></tr>
<tr><td rowspan="3">B</td><td>s1</td><td>d0</td></tr>
<tr><td>s2</td><td>d1</td></tr>
<tr><td>s3</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">C</td><td>s1</td><td>d0</td><td rowspan="3">M2</td></tr>
<tr><td>s2</td><td>d1</td></tr>
<tr><td>s3</td><td></td></tr>
<tr><td>D</td><td>s1</td><td>d0</td><td>M3</td></tr>
<tr><td rowspan="2">D</td><td>s2</td><td>d1</td><td rowspan="2">M4
sans gouttes</td></tr>
<tr><td>s3</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">Autres classes que E-d2 et F</td><td>M 4</td></tr>
</table>

Les classes A1 et A2 sont pas ou peu combustibles.

L'indice s représente le taux de développement des fumées (accélération de la production) et la production totale des fumées en 10 min (s pour *smoke*) :

- s1 : faible taux de développement et production de fumée ;
- s2 : taux de développement et production de fumée plus importante ;
- s3 : tous matériaux ayant des caractéristiques différentes de s1 ou s2.

L'indice d représente la formation de gouttelettes ou de particules enflammées (d pour *droplets*).

- d0 : aucune gouttelette avant 10 minutes ;
- d1 : les gouttelettes produites avant 10 min ne persistent pas plus de 10 s ;
- d2 : matériaux ayant des caractéristiques différentes de d0 et d1.

On parlera aussi de résistance au feu d'une cloison ou d'une paroi en précisant son temps de résistance au feu. La **résistance au feu** indique le temps pendant lequel un élément de construction conserve ses propriétés physiques et mécaniques lors d'un feu. On a le classement suivant :

- SF : stable au feu – résistances mécaniques conservées ;
- PF : pare-flamme – évite en plus la propagation du feu, des gaz de combustion et des fumées ;
- CF : coupe-feu – il est pare-flamme et évite la propagation de chaleur ;

Le temps est indiqué en fraction d'heures (1/4 h, 1/2 h, 3/4 h, 1 h… 6 h) ou en minutes PF 90 pour 90 min.

La réglementation européenne propose trois classes :

- R : résistance mécanique ;
- E : étanchéité au gaz et aux flammes ;
- I : isolation thermique.

Ces indices sont suivis d'un chiffre correspondant aux minutes.

Lors du passage d'une tuyauterie à travers une cloison, un mur ou un plancher, il faudra s'assurer de la résistance au feu des fourreaux et tuyauteries utilisés.

Il existe des bombes de mousse expansive qui remplissent les conditions de résistance au feu.

4 Branchements intérieurs

Le branchement d'incendie est généralement réalisé séparément du reste de l'installation. Des compteurs proportionnels permettent d'éviter le blocage du compteur en cas de soutirage important.

L'installation est constituée d'une vanne d'isolement générale, d'un disconnecteur, parfois d'un clapet anti-retour supplémentaire (figure 15.1) et d'une vanne d'isolement (figure 15.2) après le disconnecteur (pour permettre la maintenance).

Le réseau d'eau resté sous pression alimentera des dévidoirs équipés de lances d'incendie. Le réseau RIA (robinets d'incendie armés) est repéré par des plaques précisant le mot « incendie », les tuyauteries et robinets sont de couleur rouge (figure 15.3). L'alimentation en eau des RIA doit

être permanente, ils doivent être accessibles à tous pour permettre une action immédiate. On les trouve dans les bâtiments industriels, commerciaux, agricoles ou tertiaires.

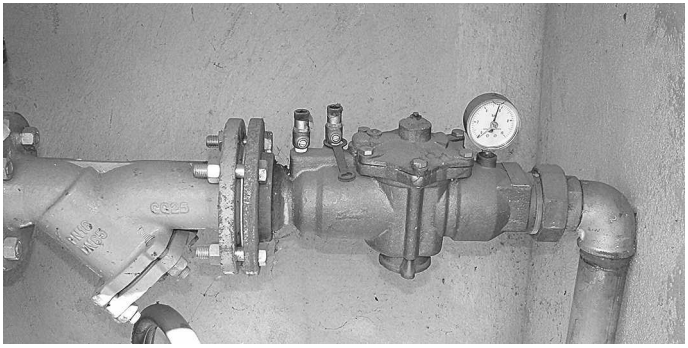


Figure 15.1 – Clapet anti-retour et disconnecteur

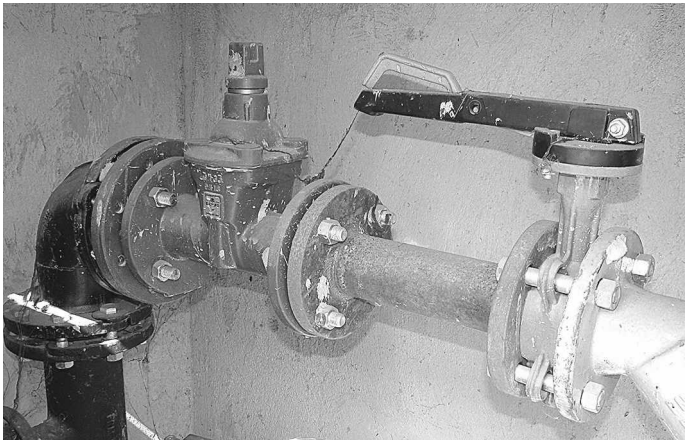
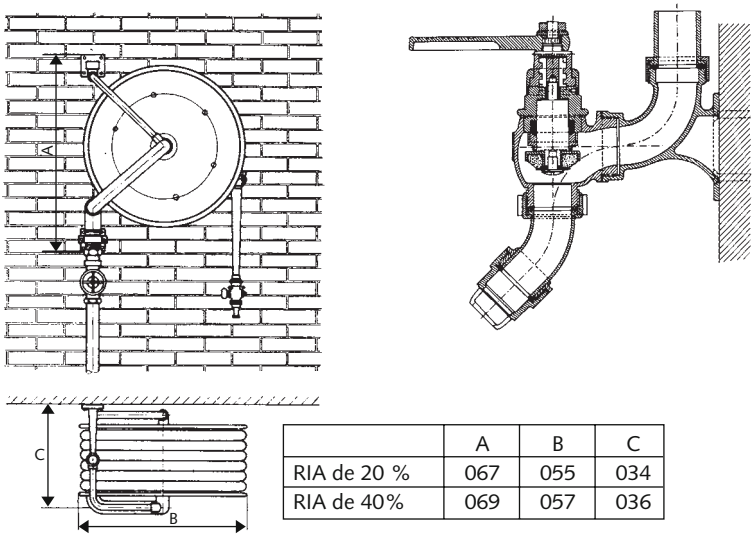


Figure 15.2 – Vanne d'abonné et vanne à papillon



	A	B	C
RIA de 20 %	067	055	034
RIA de 40%	069	057	036

Figure 15.3 – Dévidoir pivotant et robinet d'incendie armé (RIA) à 1/4 de tour de 40 mm

On trouve aussi des colonnes sèches dans les établissements recevant du public, les bâtiments d'habitation ou les parcs de stationnement couverts qui seront mises en eau par les pompiers lors d'une intervention.

5 Bouches et poteaux d'incendie

On distingue principalement deux modèles : les modèles ordinaires et les modèles incongelables (figure 15.4). Dans une bouche incongelable, la soupape du robinet est placée en bas d'un tube de rallonge d'environ 1 m (à cette profondeur, le gel des conduites est quasiment impossible). Le tube est vidangé à chaque fermeture de la soupape. Les raccords d'extrémité sont des raccords normalisés.

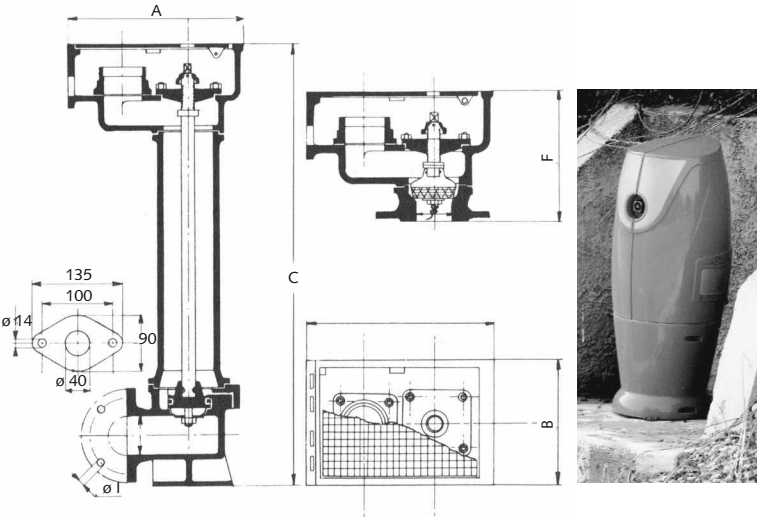


Figure 15.4 – Bouches d'incendie Piel

Les poteaux d'incendie doivent pouvoir fournir un débit de 60 m³/h sous une pression de 1 bar. Ils sont régulièrement contrôlés par les services de secours.

6 Extincteurs

6.1 Réseau d'extinction automatique sprinkler

Dans certains établissements recevant du public, les réseaux d'extinction automatique sont obligatoires ; une ampoule de quartz se brise sous l'action de la chaleur dégagée par le feu et libère la soupape. L'eau est pulvérisée avec violence et grande vitesse sur le feu. Ce type d'installation est réglementé et fait l'objet d'une étude particulière.

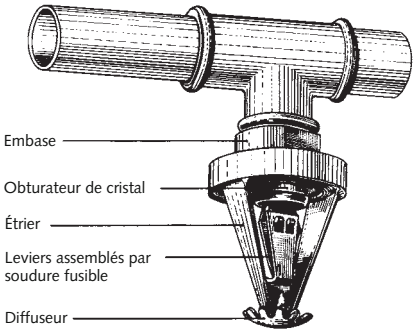


Figure 15.5 – Extincteur automatique sprinkler, Ledoux SPI

Rappel

Dans les établissements commerciaux recevant du public, toute utilisation de flamme doit être signalée au service de sécurité et d'incendie et nécessite un permis de feu.

6.2 Extincteurs à poudre

On trouvera dans certaines installations (brûleur fioul) des extincteurs automatiques à poudre positionné au-dessus des brûleurs et destinés à éteindre automatiquement un départ de feu.

6.3 Extincteur manuel

De la même manière, un extincteur manuel devrait être à disposition lors de l'utilisation d'une flamme. Il existe des petits modèles d'extincteurs que l'on peut fixer facilement sur un chalumeau portable. Ils peuvent être à pression permanente (PP) ou à pression auxiliaire (PA) : dans ce cas, ils sont mis en pression au moment de l'emploi.

Les extincteurs manuels sont classés par catégorie en fonction du type de feu sur lequel ils peuvent être utilisés :

- classe A : feu de solides (papiers, cartons, bois, tissus, etc.) ;
- classe B : feu de liquide ou solide liquéfiable (hydrocarbures, peinture, huile, etc.) ;
- classe C : feu de gaz ou d'origine électrique ;
- classe D : feu de métaux.

Attention

Les feux de gaz ne doivent jamais être éteints avant que l'arrivée de gaz ait été fermée.

6.4 Agents extincteurs

On trouvera principalement trois sortes d'agents extincteurs :

- l'eau (couleur bleue) ;
  - l'eau pulvérisée (type EP) est utilisée sur les feux de classe A,
  - l'eau pulvérisée avec additif (type EPA) est utilisée sur les feux de classe A ou B ;
- les poudres (type ABC, couleur jaune) sont utilisées sur les feux de classe A, B ou C ;
- les gaz (type CO_2, couleur rouge) sont utilisés sur les feux de classe B.

Pour les feux de classe D, on utilise des poudres spéciales.

Sur les feux d'origine électrique, on préférera utiliser des extincteurs au CO_2 qui permettent de ne pas détériorer le matériel.

Il faudra dans tous les cas consulter le mode d'emploi des extincteurs (avant un incendie).

Dans la pratique

À la maison, on pourra avoir un extincteur de type EPA et/ou CO_2 et, dans la voiture, un extincteur de type ABC.

7 Détection

On distingue trois grands groupes de détecteurs : les détecteurs de fumée, de chaleur et de flamme.

Dans les habitations individuelles, on utilise principalement des détecteurs de fumée, rendus obligatoires par la loi du 13 octobre 2005 à compter du 8 mars 2015.

On peut aussi installer des détecteurs de CO dans toutes les pièces ayant un appareil à combustion (chaudière, chauffe-eau, poêle, cheminée, etc.).

Il faut pour tous ces appareils :

- Effectuer des contrôles réguliers.
- Surveiller la durée de vie de la cellule afin de prévoir le remplacement.
- Bien choisir leur emplacement.

16
INSTALLATIONS GAZ

Les règles de l'art des installations gaz sont définies dans :

- le DTU 61.1 (P 45-204) – Juin 2010 – Installations de gaz dans les locaux d'habitation – Parties 1 à 6, qui remplace ou modifie les textes de 1982 ;
- le NFDTU 61.1 – P 7 – Décembre 2008 – Règles de calculs qui remplace l'additif n° 4 (novembre 1997 – ATGB84) ;
- le DTU 24.1 (P 51-201) – Février 2006 – Travaux de fumisterie – systèmes d'évacuation des produits de combustion desservant un ou des appareils – Parties 1 à 3 ;
- le DTU 65.4 – Novembre 1997 – Chaufferies aux gaz et hydrocarbures liquéfiés ;
- le DTU 68.3 – Avril 2017 – Installations de ventilation mécanique ;
- les spécifications ATG B 171 – Dimensionnement des canalisations après compteur ;
- le cahier des charges ATG C.321.4 – Mini-chaufferies à combustibles gazeux ;
- la norme NF P 45-500 – Mars 2013 – Diagnostic des installations gaz situées à l'intérieur des bâtiments d'habitation ;
- la norme NF X 50-010 – Novembre 2007 – Contrats d'entretien chaudières ;
- l'arrêté du 2 août 1977 modifié au 5 mai 2012 – règles techniques ;
- l'arrêté du 24 mars 1982 – Aération des logements ;
- l'arrêté du 12 août 1993, modifié le 25 avril 1995 – Chauffe-eau sans triple sécurité ;
- l'arrêté du 30 mai 1989 – VMC gaz ;

complétées pour les chaufferies de :

- l'arrêté du 23 juin 1978, modifié le 15 décembre 2006 ;
- le DTU 65-4 – Chaufferies, prescription technique.

La totalité de ces textes réglementaires ne peut être traitée dans le présent chapitre, il faudra se reporter à des ouvrages spécialisés sur la réglementation gaz, de la même manière, la partie chaufferie et mini-chaufferie ne sera pas traitée dans le détail.

Il est bon de rappeler que l'entretien des installations intérieures gaz est de la responsabilité de l'usager.

1 Caractéristiques générales des gaz

On trouvera ci-dessous quelques notions techniques utiles dans les installations gaz.

1.1 Combustibles gazeux distribués en France

On trouve principalement 7 combustibles gazeux distribués en France répartie en 3 familles (tableau 16.2) :

- **1re famille :** les gaz manufacturés ayant un pouvoir calorifique inférieur à 4,9 kWh/$m^3_{(n)}$; ce sont des gaz de cokerie non utilisés dans les installations domestiques. L'air propané et l'air butané distribués en Corse font partie de cette famille.
- **2e famille :** le gaz naturel, on distingue :
  - les gaz de type H (haut pouvoir calorifique) de type Lacq,
  - les gaz de type L (bas pouvoir calorifique – *Low* en anglais) distribués uniquement dans le nord de la France.
- **3e famille :** les gaz de pétrole liquéfiés (GPL), butane et propane et mélanges d'air.

Gaz de France distribue du gaz naturel partout où son réseau le permet, du propane dans les régions où le réseau n'existe pas, de l'air propané 15,7 dans les régions où il est prévu une extension du réseau gaz naturel, en Corse de l'air propané 7,5 (Bastia) et de l'air butané 7,3 (Ajaccio). Mais des modifications des réseaux sont en cours en Corse (propanisation d'Ajaccio).

Tableau 16.1 – Caractéristiques des gaz utilisés dans les installations domestiques

	Gaz naturel H	Gaz naturel L	Butane	Propane	Air butané 7,3	Air propané 7,5	Air propané 15,7
Symbole	G 20	G 25	B	P	AB 7,3	AP 7,5	AP 15,7
Formule chimique	CH_4	CH_4	C_4H_{10}	C_3H_8			
LIE (%)	4,5	4,5	1,8	2,4	10,5	8,7	4,2
LSE (%)	15	15	8,4	9,5			
Densité	0,5 à 0,7	0,6 à 0,7	2	1,5	1,2	1,1	1,3
PCS (kWh/$m^3_{(n)}$)	11,5	10,3	35,6	27,5	7,3	7,5	15,7
PCI (kWh/$m^3_{(n)}$)	10,5	9,3	32,9	25,4	6,7	6,9	14,4

…

	Gaz naturel H	Gaz naturel L	Butane	Propane	Air butané 7,3	Air propané 7,5	Air propané 15,7
PCS (kWh/kg)			13,7	13,8			
PCI (kWh/kg)			12,7	12,8			
Température de vaporisation (°C)	–162		0	–44			
Pression de distribution (mbar)	20 300	25	29	37	8		
Pression Mini-Maxi	17 - 25	20 - 30	20 - 35	25 - 45	6 - 15		
Température d'inflammation (°C)	650	670	410	500	410	500	500
Odorisation	Tétrahydrotiopène			Mercaptan			

1.2 Pouvoir calorifique supérieur (PCS)

Le pouvoir calorifique supérieur représente la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de 1 m³ de gaz dans les conditions normales (1 013 mbar et 15 °C), toute la vapeur d'eau provenant de la combustion étant condensée. Dans les chaudières à condensation, une partie de la vapeur d'eau est condensée, on récupère la chaleur latente contenue dans la vapeur d'eau.

Il est exprimé en kWh/$m^3_{(n)}$ ou en kWh/kg.

Le rapport PCI/PCS est de 0,90 pour les gaz naturels, de 0,92 pour les GPL, 0,93 pour le fioul domestique et 0,95 pour le charbon.

1.3 Pouvoir calorifique inférieur (PCI)

Le pouvoir calorifique inférieur représente la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de 1 m³ de gaz dans des conditions normales (1 013 mbar et 15 °C), la vapeur d'eau provenant de la combustion n'étant pas condensée. C'est le cas des chaudières classiques : PCI = PCS – chaleur latente.

Il est exprimé en kWh/$m^3_{(n)}$ ou en kWh/kg. Il permet de calculer la quantité d'énergie contenue dans une bouteille, par exemple : une bouteille de 13 kg de propane contient 13 × 12,8 = 165 kWh.

©

1.4 Limite inférieure d'inflammabilité ou d'explosivité (LIE)

Elle correspond au pourcentage minimal de gaz dans l'air pour qu'il y ait combustion ou explosion. En dessous de cette valeur, le mélange est trop pauvre.

1.5 Limite supérieure d'inflammabilité ou d'explosivité (LSE)

Elle correspond au pourcentage de gaz maximal au-delà duquel le mélange est trop riche en gaz. Il n'y a plus de combustion ou d'explosion possible par manque d'air.

La combustion ne peut se produire qu'entre ces deux limites. Chaque gaz possède des valeurs différentes, le gaz utilisé ayant la plus large plage de combustion est l'acétylène (2,5 à 81 %).

Pour les gaz utilisés pour les chaudières, les valeurs sont données dans le tableau 16.2.

1.6 Point de rosée

Il correspond à la température de condensation de la vapeur d'eau contenue dans les produits de combustion. Si la température des fumées ou une surface en contact avec les fumées est à une température inférieure ou égale à la température du point de rosée, la vapeur d'eau va se condenser à l'intérieur du conduit de fumée.

Le point de rosée varie en fonction de l'excès d'air (tableau 16.1)

Tableau 16.2 – Température du point de rosée des fumées en fonction de l'excès d'air

Excès d'air de la combustion* (%)	Température à laquelle la vapeur d'eau se condense (°C)
0	62
50	56
100	50
200	44
300	38
500	22
infini	10

* % d'air en plus par rapport à la combustion stœchiométrique.
10 °C correspond à la température à laquelle la vapeur d'eau contenue dans l'air se condense naturellement (rosée du matin).

1.7 RENDEMENT

Le rendement d'un appareil correspond au rapport entre la puissance absorbée et la puissance utile.

$$Rendement\ \eta = \frac{Puissance\ transmise\ à\ l'eau}{Puissance\ absorbée} = \frac{P\ Utile}{P\ Calorifique}$$

On distingue le rendement sur PCI et le rendement sur PCS. Quel que soit le type de chaudière, l'énergie disponible ne dépend que du combustible utilisé et de son pouvoir calorifique. En France on effectue les calculs de rendement sur le PCI.

Exemples

Si on brûle 9,5 m³ de gaz naturel de type H, la puissance absorbée sur PCS est de 110 kW et la puissance absorbée sur PCI de 100 kW, on peut calculer le rendement (figure 16.1).

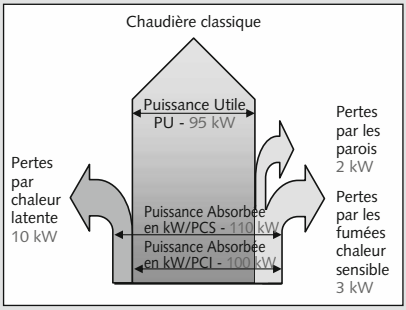


Figure 16.1 – Chaudière classique

Pour une chaudière classique (figure 16.1), le rendement sur PCI est de :

$$\frac{95}{100} = 0{,}95 = 95\ \%$$

Le rendement sur PCS est de :

$$\frac{95}{110} = 0{,}864 = 84{,}6\ \%$$

©

…

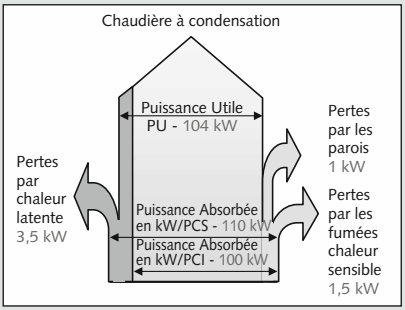


Figure 16.2 – Chaudière à condensation

Pour une chaudière à condensation (figure 16.2), le rendement sur PCI est de :

$$\frac{104}{100} = 1{,}04 = 104\ \%$$

Le rendement sur PCS est de :

$$\frac{104}{110} = 0{,}945 = 94{,}5\ \%$$

On précise rarement le type de rendement calculé, il suffit de rechercher la valeur du pouvoir calorifique utilisée pour déterminer si c'est un rendement sur PCI ou sur PCS.

1.8 TEMPÉRATURE DE VAPORISATION

Elle correspond à la température à laquelle le gaz se vaporise. La température de vaporisation du propane commercial est de – 40 °C ce qui permet de laisser les bouteilles à l'extérieur ; celle du butane commercial est de 0 °C ce qui oblige à laisser les bouteilles à l'intérieur de l'habitation.

La vaporisation d'un gaz est un phénomène qui absorbe de la chaleur, elle dépend de l'équilibre température-pression à l'intérieur de la bouteille. La capacité du gaz contenu dans une bouteille à se vaporiser est donc limitée, ce qui limite aussi la puissance de l'installation raccordée :

- bouteille de butane 13 kg à 20 °C : 7 kW ;
- bouteille de propane 13 kg à 10 °C : 14 kW ;

- bouteille de propane 35 kg à 10 °C : 17 kW ;
- citerne de propane 1 tonne à 10 °C : 70 kW.

Si l'on veut augmenter la puissance d'une installation raccordée sur bouteille, il faudra augmenter le nombre de bouteilles.

1.9 Pressions de distribution

La pression dans une habitation ne doit pas dépasser 4 bar, la pression dans le réseau de distribution est définie en classes de pression :

Pour le réseau gaz naturel :

- Basse pression : jusqu'à 50 mbar inclus, 20 mbar pour le gaz naturel de type H et 25 mbar pour le gaz naturel de type B.
- Moyenne pression A : de 50 mbar à 400 mbar inclus.
- Moyenne pression B : de 0,4 bar à 4 bar inclus.

On trouve des pressions supérieures sur le réseau de transport de Gaz de France et il existe encore quelques réseaux particuliers où l'on trouve une pression de 50 mbar.

Des limiteurs de pression doivent être installés avant l'alimentation de l'installation intérieure.

Pour le réseau GPL :

- Basse pression : inférieure à 200 mbar.
- Moyenne pression : de 200 mbar à 1,75 bar (la pression de la première détente est de 1,5 bar).

Pour chaque type de gaz, on aura des valeurs limites aux appareils.

Tableau 16.3 – Limites des pressions d'alimentation gaz des appareils

Famille	Groupe	Type de gaz	Désignation	Pression normale d'alimentation en mbar	Pressions mini et maxi de fonctionnement en toute sécurité en mbar
1	C	Air butané ou air propané	G130	8	6 – 15
2	E	Tous les gaz naturels	G20 + G25	20/25	17 – 25
	H	Gaz naturels de type Lacq	G20	20	17 – 25
	L	Gaz naturels de type Groningue	G25	25	20 – 30
3	B	Butane	G30	29	20 – 35
	P	Propane	G31	37	25 – 40
	B/P	Butane ou Propane	G30 + G31	29	25 – 35

©

■ Variation de la pression dans les réseaux en fonction de l'altitude

Les gaz distribués ne sont pas purs à 100 %, ils sont souvent constitués de mélange de gaz. La densité des gaz varie de 0,5 à 2, ils sont soit plus légers soit plus lourds que l'air. Il en résulte une augmentation de la pression statique dans les points hauts pour les gaz légers et dans les points bas pour les gaz lourds.

La pression varie de $0{,}1293 \times (1 - d)$ mbar quand l'altitude varie d'1 m (d étant la densité du gaz par rapport à l'air).

Le tableau 16.4 indique les variations de pression dues à une différence d'attitude de 1 m pour les gaz de densité comprise entre 0,40 et 2.

Tableau 16.4 – Variation de la pression en fonction de l'altitude

Densité du gaz	Variations de pression pour une élévation de 1 m (mbar)	Densité du gaz	Variations de pression pour une élévation de 1 m (mbar)
0,4	+ 0,0776	1,1	– 0,0130
0,5	+ 0,0647	1,2	– 0,0260
0,6	+ 0,0518	1,3	– 0,0389
0,7	+ 0,0389	1,4	– 0,0518
0,8	+ 0,0260	1,5	– 0,0647
0,9	+ 0,0130	1,6	– 0,0776
1	0	2	– 0,1293

Exemple

Pour un gaz naturel de densité 0,5, la différence de pression entre le rez-de-chaussée et le cinquième étage d'un immeuble (soit une élévation de 15 m) est de :

$$0{,}0647 \times 15 = 0{,}97 \text{ mbar}$$

Si la pression au rez-de-chaussée est de 20 mbar, au cinquième étage, elle sera de :

$$20 + 0{,}97 = 20{,}97 \text{ mbar}$$

Pour éviter ce phénomène, on installe un limiteur ou écrêteur de pression qui sera positionnée soit à l'entrée des compteurs individuels, soit sur la conduite montante.

■ Mesure de pression

Les mesures de pression s'effectuent à l'aide d'un manomètre à aiguilles ou d'un manomètre électronique. Il faudra veiller à ne pas soumettre un manomètre à une pression supérieure à sa pression maximale car cela endommagerait son mécanisme de mesure (figure 16.3).

Les manomètres électroniques permettent de mesurer aujourd'hui de très faibles valeurs, l'utilisation de manomètres à eau reste possible même si leur utilisation est délicate.

Il faut relier l'appareil à l'aide d'un tuyau flexible à la tuyauterie sous pression et ouvrir progressivement le robinet. La lecture s'effectue en mesurant à l'aide de la réglette graduée la différence de hauteur entre A' et B'.

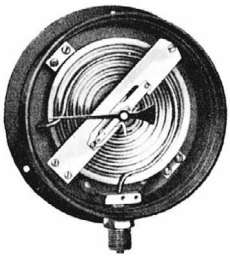


Figure 16.3 – Manomètre à capsule Bourdon

1.10 Combustion des gaz

La combustion correspond à une réaction chimique oxydante qui dégage de la chaleur, elle n'est possible que si l'on réunit 3 conditions :

- un combustible ;
- un comburant : l'oxygène contenu dans l'air (20,8 % O_2 + 78,1 % d'azote N_2 + 0,1 % gaz rares) ;
- une énergie d'activation (source de chaleur, étincelle…).

Il faut que le mélange air-gaz soit de bonne qualité (mélange homogène, pourcentage compris entre LIE et LES). Chaque type de combustible a des caractéristiques de combustion qui lui sont propres, on peut caractériser une équation en parlant de volume équivalent.

©

■ Combustion du gaz naturel

Équation **stœchiométrique** (équation neutre ou parfaite) :

$$CH_4 + \overbrace{2\,O_2 + 8\,N_2}^{\text{Air}} \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O + 8\,N_2 + \text{Chaleur}$$

1 m³ 10 m³ 1 m³ 2 m³ 8 m³

La combustion de 1 m³ de gaz naturel avec 10 m³ d'air dégage 1 m³ de CO_2, 2 m³ de vapeur d'eau et 8 m³ d'azote. Le volume des fumées sèches (sans la vapeur d'eau) est de 9 m³.

■ Combustion du propane

Équation stœchiométrique (équation neutre ou parfaite) :

$$C_3H_8 + \overbrace{5\,O_2 + 20\,N_2}^{\text{Air}} \rightarrow 3\,CO_2 + 4\,H_2O + 20\,N_2 + \text{Chaleur}$$

1 m³ 25 m³ 3 m³ 4 m³ 20 m³

La combustion de 1 m³ de propane avec 25 m³ d'air dégage 3 m³ de CO_2, 4 m³ de vapeur d'eau et 20 m³ d'azote. Le volume des fumées sèches (sans la vapeur d'eau) est de 23 m³.

Dans la pratique

On ne réalise jamais la combustion stœchiométrique, qui reste une combustion théorique.

On distingue **quatre** autres **types de combustions** :

- La **combustion incomplète en manque d'air :** il y a un manque d'oxygène ou un mauvais mélange. On retrouve dans les fumées du CO, de l'H_2 de l'O_2.
- La **combustion incomplète en excès d'air** : il y a trop d'air et un mauvais mélange (passage trop rapide dans le foyer), la tête de combustion est mal réglée. On retrouve dans les fumées du CO, de l'H_2 de l'O_2.
- La **combustion complète en manque d'air** : il n'y a pas assez d'air pour brûler tout le gaz mais tout l'oxygène a réagit, on trouve du monoxyde de carbone CO et de l'hydrogène H_2 dans les fumées.
- La **combustion complète en excès d'air :** tout le gaz brûle, il n'y a que du CO_2 de l'O_2 en excès dans les fumées.

On ne doit pas trouver de CO dans les fumées (gaz instable, explosif, toxique), sa valeur doit être inférieure à 10 ppm (on considère un

appareil bien réglé si CO < 50 ppm). Mais cette valeur dépend du tirage (on se reportera au référentiel qualigaz).

La seule combustion acceptable est la **combustion complète en excès d'air**.

L'excès d'air entraîne une perte de chaleur (augmentation de la température des fumées), il faudra donc trouver l'excès d'air optimal pour la combustion (pas de risque de CO, peu de pertes de rendement).

Lorsque la combustion produit du monoxyde de carbone (CO), c'est le signe d'un mauvais réglage ou d'un manque d'entretien.

■ Valeurs de la combustion

□ % CO_2 maximum (CO_2 max)

C'est le pourcentage maximum de CO_2 possible pour un combustible donné contenu dans les fumées sèches (dans la combustion stœchiométrique).

Pour le gaz naturel GN 20, dans les 9 m³ de fumées sèches, il y a 1 m³ de CO_2 :

$$1/9 \times 100 = 11{,}1\ \%$$

En prenant les proportions réelles, on trouve 11,8 %.

CO_2 max = 11,8 % pour le gaz naturel de type H.

Lorsqu'on est en excès d'air, le volume des fumées augmente, et le pourcentage de CO_2 dans les fumées sèches diminue.

Attention

Si on trouve une valeur de % CO_2 supérieure lors des mesures, c'est qu'il y a une erreur ou que l'appareil est mal paramétré.

Tableau 16.5 – Valeurs de la combustion

Gaz	% CO_2 max
Gaz naturel GN 20 – GN 25	11,8
Propane G 31	14,1
Butane G 30	14,3

…

©

Gaz	% CO_2 max
Air propané	14,1
Air butané	14,3

☐ **Taux d'aération – facteur d'air (n ou λ)**

C'est le rapport entre l'aération réelle et l'air stœchiométrique. Il s'exprime en m^3 d'air réel par m^3 d'air stœchiométrique.

On pourra retenir les valeurs suivantes :

- Combustion neutre : **n = 1 ou λ = 1.**
- Combustion en excès d'air : **n > 1.**
- Combustion en défaut d'air : **n < 1.**

☐ **Excès et défaut d'air (e)**

C'est la proportion d'excès ou de défaut d'air par rapport à l'air stœchiométrique.

Dans la pratique, on utilise seulement λ et e pour effectuer le réglage d'un brûleur.

On aura les correspondances suivantes :

$$\lambda = 1,15$$

e = 0,15 = 15 % d'air en plus que la combustion stœchiométrique.

Dans la pratique

On règle dans l'ordre :
– la puissance du brûleur ;
– l'excès d'air entre 0,15 et 0,30 (soit 15 à 30 % d'air en plus) avec le volet d'air ;
– le CO < 50 ppm avec le déflecteur.

2 Détermination des diamètres des tuyauteries d'une installation domestique après compteur

Les règles de calcul permettant de déterminer le diamètre intérieur d'une tuyauterie d'alimentation en gaz domestique (après compteur) sont définies dans le nouveau DTU 61.1 – P 7 – Décembre 2008 (règles de calculs).

La partie de l'installation située après compteur ou après l'organe de coupure est appelée **installation intérieure** (même si une partie se situe à l'extérieur de l'habitation).

La méthode sera similaire à la méthode employée pour les tuyauteries d'eau. On déterminera le diamètre de la tuyauterie en fonction :

- des pertes de charge admissibles ;
- de la longueur totale de la tuyauterie ;
- du débit gaz (et donc de la puissance) à fournir ;
- du type de gaz et de sa pression de service ;
- de la nature du gaz.

L'évaluation du débit se fera en fonction :

- du nombre d'usagers ;
- du niveau de confort ;
- d'un coefficient de simultanéité.

Les installations de gaz susceptibles d'être converties ultérieurement au gaz naturel doivent être calculées pour l'utilisation du gaz naturel.

2.1 Pertes de charge admissibles

Les pertes de charge admissibles entre la sortie du compteur et un appareil d'utilisation sont les suivantes :

- **Immeubles individuels :**
  - 1 mbar lorsque le compteur est en limite de propriété ;
  - 0,5 mbar lorsque le compteur est dans le logement.
- **Immeubles collectifs :**
  - 1 mbar lorsque le compteur est dans un local technique ;
  - 0,5 mbar lorsque le compteur est dans le logement, une coursive ou une gaine.

2.2 Détermination des longueurs

On déterminera la tuyauterie principale (communes à plusieurs appareils) qui alimente l'appareil le plus éloigné à partir du compteur et les tuyauteries secondaires qui sont branchées sur la tuyauterie principale et qui alimentent un ou plusieurs appareils.

©

Exemple

Dans la figure 16.4, la tuyauterie OABCDE représente la tuyauterie principale, les tuyauteries BG, CH, DF et AI sont des tuyauteries secondaires.

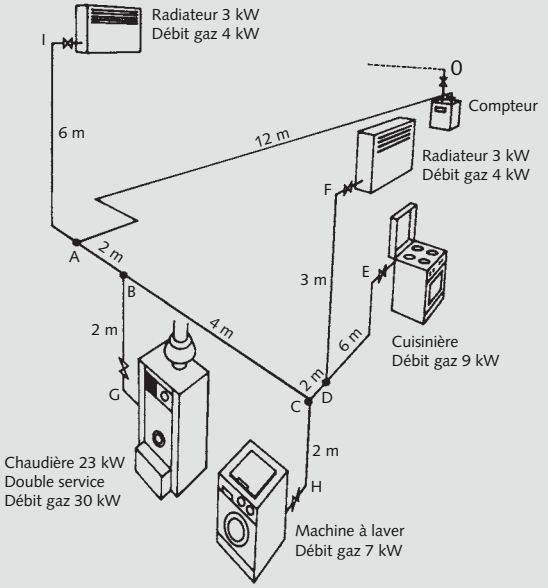


Figure 16.4 – Détermination de la longueur des tuyauteries gaz pour un pavillon dont le compteur est en limite de propriété

Les débits gaz sont ceux donnés au paragraphe « Détermination des débits », qui suit.

Pour prendre en compte les accidents de parcours (coudes, tés, croix, robinets etc.) occasionnant des pertes de charge singulières, on majore forfaitairement de 20 % la longueur réelle afin desimplifier calcul.

2.3 DÉTERMINATION DES DÉBITS

Le calcul des débits de chaque tronçon sera déterminé en fonction du nombre d'appareils qu'il alimente :

- 1 appareil : débit de l'appareil ;
- 2 appareils : somme des débits des deux appareils ;
- > 2 appareils : somme des débits des deux appareils les plus puissants + la moitié des débits des autres appareils.

On tiendra compte des débits forfaitaires donnés par le DTU 61.1 – P7 pour le calcul du calibre des tuyauteries :

Cuisine :	9 kW
Chauffe-eau 8,72 kW :	12 kW
Chauffe-eau 17 kW :	23 kW
Chauffe-eau 23 kW :	30 kW
Chauffe-eau 28 kW :	37 kW
Accumulateur à chauffe normale :	2 kW
Accumulateur à chauffe rapide :	6 kW
Chauffage :	1,3 × Puissance de l'appareil en kW

2.4 DÉTERMINATION DES CALIBRES DES TUYAUTERIES EN FONCTION DU TYPE DE GAZ

Une installation gaz est définie par son calibre, celui-ci correspond au diamètre intérieur ou au diamètre nominal d'une tuyauterie ou d'un accessoire. Par exemple : tubes acier 26,9 × 2,6 ou cuivre 22 × 1 = DN 20.

Le diamètre intérieur nominal de la tuyauterie raccordée à la sortie du compteur pour les gaz en réseau doit être d'au moins 20 mm (DN 20).

■ Détermination des calibres pour les installations gaz naturel

On utilisera l'abaque de dimensionnement du DTU 61.1 – P7 – règles de calculs. On trouvera ci-dessous les puissances maximales autorisées en fonction du calibre et de la longueur de la tuyauterie (tableaux 16.6 à 16.9).

©

Tableau 16.6 – Puissances maximales autorisées en fonction du calibre et de la longueur de la tuyauterie – installation gaz naturel 21 mbar autorisant **une perte de charge maximale de 0,5 mbar**:

– **Logement individuel :** compteur dans le logement
– **Logement collectif :** compteur dans le logement, une coursive ou une gaine

Gaz naturel – 21 mbar																								
Calibre de la tuyauterie		Longueur de la tuyauterie en m																						
		1,5	2	3	4	5	7,5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	100	150
6	Cuivre 8 x 1	2,7	2,3	1,9	1,6	1,4	1,2	1										
8	Cuivre 10 x 1 Acier 13,5 x 2,9	7,5	6,5	5	4,4	3,8	3,2	2,7	2,1	1,8	1,6	1,4	1,4	1,3	1,2	1,2		
10	Cuivre 12 x 1	15	13	10	8,5	7,5	6	5	4	3,5	3	2,7	2,5	2,3	2,2	2	1,3	1,1
12	Cuivre 14 x 1 Acier 3/8''	22	19	15	13	12	9	7,8	6	5,1	4,5	4,1	3,8	3,5	3,2	3,1	2,1	1,7
15	Cuivre 16 x 1 – 18 x 1 Acier 1/2'' Polyéthylène 20 x 3	35	30	23	20	18	12	9,7	8,2	7,5	6,7	6	5,6	5,3	5	3,4	2,7
20	Cuivre 22 x 1 Acier ¾'' Polyéthylène 25 x 3	70	60	48	41	36	30	25	20	18	16	14	13,5	13	12	11	7,5	6
25	Cuivre 28 x 1 Acier 1'' Polyéthylène 32 x 3						70	60	49	41	36	33	30	28	26	25	17	13
32	Cuivre35 x 1 Acier 1''1/4 Polyéthylène 40 x 3,7										70	60	55	52	48	46	31	25
40	Cuivre 42 x 1 Acier 1''1/2 Polyéthylène 50 x 4,6															80	55	45
50	Cuivre 54 x 1,2 Acier 2'' Polyéthylène 63 x 5,8																	70

Les tuyauteries dans les cases grises correspondent aux tuyauteries autorisées à la sortie du compteur
Il faut tenir compte des débits forfaitaires d'appareils donnés au paragraphe « Détermination des débits »
Les valeurs de puissances maximales de ce tableau sont calculées à partir du DTU 61.1 – P 7
Ces valeurs tiennent compte des pertes de charge singulières (+ 20 %)

Exemple

Dans l'exemple de la figure 16.4, pour un compteur situé dans le logement (perte de charge maximale admissible 0,5 mbar), on effectuera les déterminations de diamètres suivants :

Tuyauterie principale OA :
- les 2 appareils les plus puissants sont :
  - chaudière : 30 kW
  - cuisinière : 9 kW
- les autres appareils ont une puissance totale de 15 kW (2 radiateurs à 4 kW et une machine à laver à 7 kW), on ne prendra en compte que la moitié de cette valeur.

Le calcul de la puissance du tronçon OA sera :
30 + 9 + 7,5 = 46,5 kW pour une longueur de 12 m,
à l'aide du tableau 16.5 on peut déterminer le diamètre de la tuyauterie : DN 25 (capable de fournir une puissance allant jusqu'à 49 kW) soit par exemple une tuyauterie en cuivre 28 × 1

Le calcul de la tuyauterie AB sera :
Puissance = 30 + 9 + ((4 + 7)/2) = 44,5 kW pour une longueur de 2 m, le tableau 16.5 nous donne DN 20, soit par exemple une tuyauterie cuivre 22 x 1.

Tuyauterie BC :
Les deux appareils les plus puissants sont 9 kW et 7 kW, le calcul de la puissance sera de :
Puissance = 9 + 7 + (4/2) = 18 kW pour une longueur de 4 m, on trouve un DN 15, soit par exemple une tuyauterie cuivre 18 × 1.

De la même manière, on trouvera :
- Tuyauterie CD : puissance 13 kW pour 2 m soit DN 10 d'après le tableau
- Tuyauterie DE : puissance 9 kW pour 6 m soit DN 12

Dans ce cas les diamètres sont incompatibles, il faut en fait considérer la tuyauterie CE pour une puissance de 9 kW et une longueur de 8 m, le tableau nous donne DN 15 soit une tuyauterie en cuivre 16 × 1 par exemple.

…

©

Pour les autres tuyauteries, on trouve :

- Radiateur (AI) : 6 m pour 4 kW soit DN 10 (tuyauterie cuivre 12 × 1)
- Chaudière (BG) : 2 m pour 30 kW soit DN 15 (tuyauterie cuivre 16 × 1 ou 18 × 1)
- Machine à laver (CH) : 2 m pour 7 kW soit DN 10 (cuivre 12 × 1)
- Radiateur (DF) : 3 m pour 4 kW soit DN 8 (cuivre 10 × 1)

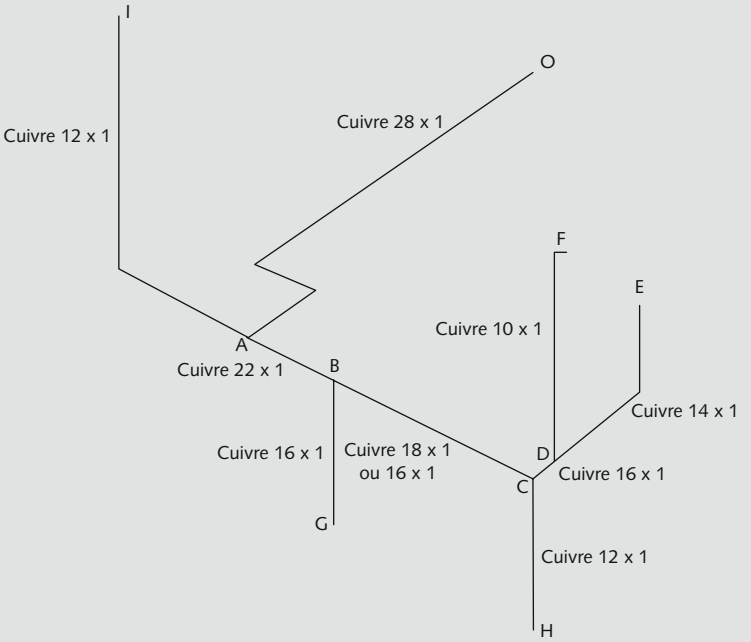


Figure 16.5 – Exemple de dimensionnement d'une tuyauterie gaz naturel (compteur situé dans le logement)

La perte de charge maximale habituellement admise sur une installation gaz est de 1 mbar (en limite de propriété), on pourra pour la déterminer utiliser le tableau 16.7.

Tableau 16.7 – Puissances maximales autorisées en fonction du calibre et de la longueur de la tuyauterie – installation gaz naturel 21 mbar autorisant **une perte de charge maximale de 1 mbar**:

– **Logement individuel :** compteur en limite de propriété
– **Logement collectif :** compteur en local technique

Gaz naturel – 21 mbar																										
Calibre de la tuyauterie		Longueur de la tuyauterie en m																								
		3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100							
6	Cuivre 8 x 1	2,7	2,3	2,1	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,2	1															
8	Cuivre 10 x 1 Acier 13,5 x 2,9	7,5	6,5	5,5	5	4,6	4,4	4,1	3,9	3	2,6	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1							
10	Cuivre 12 x 1	15	13	12	10	9	8,5	8	7,5	6	5	4	3,5	3	2,7	2,5	2,3	2,1	2							
12	Cuivre 14 x 1 Acier 3/8''	23	19	17	15	14	13	12	11	9	7,5	6	5	4,5	4	3,7	3,5	3,2	2							
15	Cuivre 16 x 1 – 18 x 1 Acier 1/2'' Polyéthylène 20 x 3	35	30	26	24	22	20	18	17	14	13	10	8	7,5	6,5	6	5,5	5,2	5							
20	Cuivre 22 x 1 Acier ¾'' Polyéthylène 25 x 3	80	70	60	55	50	47	45	41	34	25	20	18	16	14	14	13	12	11							
25	Cuivre 28 x 1 Acier 1'' Polyéthylène 32 x 3	200	170	150	135	125	120	110	105	82	72	57	49	43	40	37	34	32	30							
32	Cuivre35 x 1 Acier 1''1/4 Polyéthylène 40 x 3,7	350	300	250	230	220	210	190	180	145	120	100	87	77	70	65	60	57	54							
40	Cuivre 42 x 1 Acier 1''1/2 Polyéthylène 50 x 4 ,6	550	480	450	400	380	350	330	260	230	180	150	140	130	120	110	97	92								
50	Cuivre 54 x 1,2 Acier 2'' Polyéthylène 63 x 5,8	750	700	650	610	580	460	400	320	280	250	220	200	190	180	170										
Les tuyauteries dans les cases grises correspondent aux tuyauteries autorisées à la sortie du compteur Il faut tenir compte des débits forfaitaires d'appareils donnés au paragraphe « Détermination des débits» Les valeurs de puissances maximales de ce tableau sont calculées à partir du DTU 61.1 – P 7 Ces valeurs tiennent compte des pertes de charge singulières (+ 20 %)																										

©

Lorsque l'on aura calculé la perte de charge totale des tuyauteries, il faudra que la pression à l'appareil soit conforme à la norme NF EN 437.

Pour les autres valeurs et un calcul plus détaillé, on consultera les abaques du DTU 61.1 – P 7

■ Détermination des calibres pour les installations butane et propane selon le DTU 61.1 P7

On utilisera les tableaux 16.8 et 16.9 selon la pression dans la tuyauterie.

Tableau 16.8 – Détermination des diamètres intérieurs des canalisations butane 28 mbar, propane 37 mbar* (en mm)

Débit gaz (kg/h)	Longueur des canalisations (m)											
	1	2	4	6	8	10	15	20	25	30	40	50
0,2	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8
0,4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	10	10	10
0,6	8	8	8	8	8	8	10	10	10	10	12	12
0,8	8	8	8	8	10	10	10	10	12	12	12	12
1	8	8	8	10	10	10	12	12	12	14	14	14
1,5	8	8	10	10	12	12	12	14	14	14	16	16
2	8	10	10	12	12	14	14	14	16	16	16	16
2,5	8	10	12	12	14	14	16	16	18	18	18	18
3	10	10	12	14	14	16	16	18	18	20	20	20
3,5	10	12	14	14	16	16	18	18	20	20	20	22
4	10	12	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22
4,5	10	12	14	16	16	18	18	20	20	22	22	24
5	10	12	14	16	16	18	20	20	22	22	24	24

* Les valeurs de ce tableau prennent en compte une perte de charge linéaire de 5 %. Valeurs extraites du DTU 61.1 P7.

Pour les coudes, robinets, accessoires, il faudra ajouter 1 m de tuyauterie par élément.

Tableau 16.9 – Détermination des diamètres intérieurs des canalisations propane 1,5 bar* (en mm)

Débit gaz (kg/h)	Longueur des canalisations (m)											
	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	100
2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
3	8	8	8	8	8	8	8	8	10	10	10	10
4	8	8	8	8	8	8	10	10	10	10	10	12
5	8	8	8	8	10	10	10	10	10	10	12	12
10	8	10	10	12	12	12	12	14	14	14	14	16
15	10	12	12	12	14	14	14	16	16	16	16	18
20	10	12	14	14	14	16	16	16	18	18	18	20
25	12	14	14	14	16	16	18	18	18	20	20	20
30	12	14	16	16	16	18	18	20	20	20	22	22
35	12	14	16	16	18	18	20	20	20	22	22	24
40	14	16	16	18	18	20	20	22	22	22	24	24
50	14	16	18	20	20	20	22	24	24	24	26	26

* La pression par temps froid ou lors d'un puisage continu peut descendre à 500 mbar. Ce tableau donne des diamètres intérieurs pour une pression de 500 mbar et une perte de charge linéaire de 100 mbar. Valeurs extraites du DTU 61.1 P7.

3 Caractéristiques des appareils

Un appareil est caractérisé par :

- sa **puissance nominale** PN : puissance utile maximale indiquée par le fabricant en kilowatt ;
- sa **puissance utile** PU : son réglage réel en kW qui correspond à la quantité de chaleur transmise au fluide caloporteur ;
- sa **puissance calorifique** ou puissance absorbée : P abs, P Cal ou Q cal..., elle correspond à la puissance consommée par le brûleur ;
- son **débit spécifique** : il correspond aux débits d'eau chaude sanitaire pour les appareils à production instantanée ;
- sa **plage de puissance utile** : les appareils ayant une puissance modulante

ou une puissance ajustable sont caractérisés par une plage de puissance (puissance minimale - puissance maximale) ;
- son **rendement nominal** : il correspond au rendement à la puissance nominale de l'appareil.

Les appareils sont classés en fonction de leur raccordement à un conduit de fumée et du mode d'évacuation des fumées.

3.1 Appareils de type A

Les appareils de type A ne sont pas raccordés à un conduit d'évacuation des fumées. Les produits de combustion sont libérés dans la pièce :
- Type A : appareils de cuisson.
- Type AS : chauffe-eau non raccordé triple sécurité (contrôle d'atmosphère (CO < 100 ppm), contrôle de flamme, contrôle d'encrassement du corps de chauffe).

Les appareils de type A doivent porter les indications suivantes sur une plaque visible (arrêté du 2 août 1977 modifié) :
- à n'utiliser que pour des puisages d'eau de courte durée ;
- laisser toujours libre les orifices obligatoires d'aération de la pièce ;
- faire entretenir périodiquement cet appareil par un professionnel.

3.2 Appareils de type B

Les appareils de type B sont conçus pour être raccordés à un conduit d'évacuation des fumées. L'air nécessaire à la combustion est prélevé dans le local où est installé l'appareil. Le conduit naturel devra être conforme à la NF DTU 61.1, NF DTU 24.1 ou au DTU 68.3 (VMC gaz).

■ Appareils de type B 1

Ils sont équipés d'un **coupe-tirage antirefouleur** placé à la sortie du foyer ou sur la buse de sortie de l'appareil. Le coupe-tirage permet de limiter la dépression dans le foyer pour permettre de conserver une combustion de qualité et une flamme stable (figure 16.6). Lorsque le tirage thermique est trop important, l'air de la pièce est aspiré, les conditions de la combustion ne sont pas modifiées. Il abaisse le point de rosée en diluant les fumées.

Lorsque la partie supérieure du coupe-tirage est située à une hauteur supérieure à 1,80 m du sol, il peut remplacer la ventilation haute de la pièce.

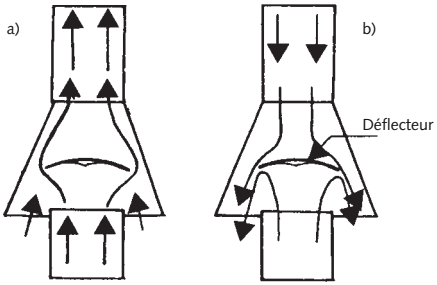


Figure 16.6 – Coupe-tirage : a) aspiration des gaz brûlés et de l'air du local ; b) le déflecteur protège le brûleur du refoulement, les fumées sont rejetées dans le bocal

Les **appareils de type B11** sont équipés d'un dispositif de contrôle de l'évacuation des fumées. Ils doivent être équipés depuis le 1er janvier 1996 d'un **dispositif antidébordement** dont le but est de mettre à l'arrêt ou en sécurité l'appareil si le tirage thermique n'est pas suffisant. On pourra trouver :

- **B 11BS** : un dispositif de contrôle thermique appelé généralement **SPOTT** (système permanent d'observation du tirage thermique). Cette sécurité est assurée par un contrôle de température au niveau du coupe-tirage, l'appareil portera la référence **BS**, c'est le cas des chaudières, chauffe-bain, accumulateurs gaz, radiateurs gaz...
- **B 11AS :** un dispositif de contrôle d'atmosphère ; l'appareil portera la référence **AS**, c'est le cas de certains radiateurs gaz ou chauffe-eaux.

Les **appareils de type B12** sont équipés d'un ventilateur placé en aval de la chambre de combustion.

Les **appareils de type B13** sont équipés d'un ventilateur placé en amont de la chambre de combustion.

■ Appareils de type B2

Ils ne sont pas équipés d'un coupe tirage antirefouleur :

- **appareil de type B 21** : ils n'ont pas de ventilateur (tirage naturel) ;
- **appareil de type B22** : ils sont équipés d'un ventilateur placé en aval de la chambre de combustion (chaudière à condensation) ;

©

- **appareil de type B23** : ils sont équipés d'un ventilateur placé en amont de la chambre de combustion (chaudière à condensation).

Il est fortement recommandé de raccorder les appareils de type B22 ou B23 aux conduits de fumée à l'aide de conduits de raccordement rigide.

Attention

Depuis le 1er janvier 2006, l'installation d'un appareil de chauffage ou de production d'eau chaude sanitaire non étanche est interdite dans les salles de douche ou les salles de bains. Seul le remplacement d'appareils (délivrance d'un certificat de conformité modèle 4) est autorisé.

Les appareils raccordés à un conduit d'évacuation des fumées par extraction mécanique doivent être équipés d'un système de sécurité provoquant la mise à l'arrêt automatique de l'appareil en cas de défaut de fonctionnement de l'extraction mécanique.

Les appareils raccordés à une VMC gaz doivent être équipés d'une sécurité collective conforme à l'arrêté du 30 mai 1989 (DSC).

3.3 Appareils de type C : appareils étanches

Les appareils de type C à circuit étanche ne communiquent en aucune manière avec l'air du local où l'appareil est installé ni avec l'air des locaux traversées par la ventouse.

La combustion a lieu dans un caisson étanche, l'alimentation en air et l'évacuation des produits de combustion s'effectue par une double tuyauterie étanche (évacuation des gaz brûlés à l'intérieur, alimentation en air neuf à l'extérieur) appelé ventouse.

Ces appareils ne sont pas raccordés à un conduit de fumées (exception faite du conduit spécial 3CE).

Remarque

Un appareil à circuit étanche peut être installé dans une pièce non ventilée, non aérée ainsi que dans une salle de douche ou une salle de bains.

L'identification des appareils est définie par le Comité européen de normalisation (figure 16.7).

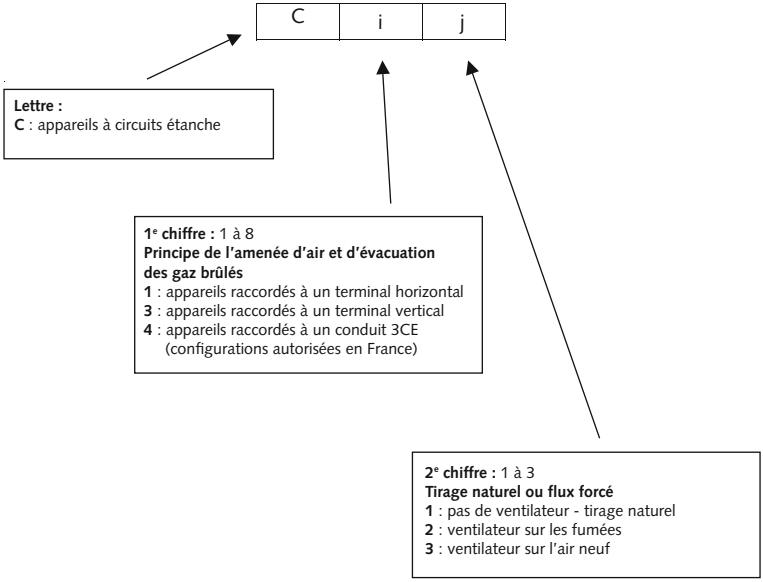


Figure 16.7 – Identification CEN des appareils

Les appareils de type C3 peuvent avoir un conduit concentrique ou deux conduits dissociés situés dans un carré de 50 cm de côté.

L'installateur doit vérifier la conformité des conduits d'évacuation avec l'appareil selon le type de gaz employé, ainsi que la longueur totale du conduit et le nombre de coudes.

Seul le dernier élément peut être coupé. Dans les autres cas, il faudra utiliser des éléments réglables et respecter les consignes du constructeur. Les éléments verticaux doivent être montés emboîtures vers le haut.

Les conduits ne doivent pas être incorporés dans la maçonnerie, seules les traversées sous fourreau sont autorisées (l'espace entre eux le conduit et le fourreau doit être colmaté par un produit neutre), les colliers de fixation doivent se trouver sous les emboîtures (figure 16.8).

Les chaudières qui ne sont pas à condensation ayant un conduit horizontal doivent avoir une pente de 3 % descendante vers l'extérieur.

©

Les chaudières à condensation ayant un conduit horizontal doivent avoir une pente de 3 % descendante vers l'appareil.

Les conduits des appareils de type C11, C12, C13, C31, C32, C33, C42 et C43 doivent se situer dans un coffrage lorsqu'ils traversent d'autres pièces de l'habitation que celle où se trouve l'appareil (figure 16.8).

Seuls les conduits des appareils de type C31, C32, C33 peuvent traverser des pièces situées dans d'autres logements ou des locaux communs à condition d'être placés dans une gaine coupe-feu 1/2 h en matériaux M0.

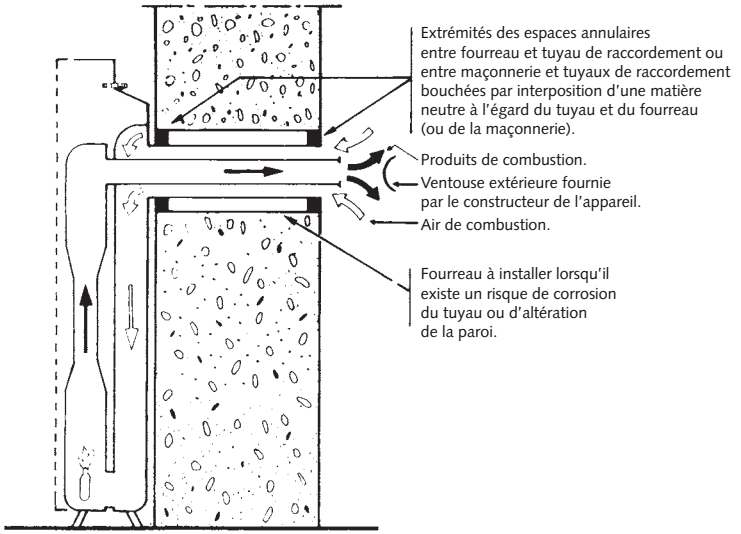


Figure 16.8 – Radiateur gaz à ventouse de type C11

■ Position des terminaux (ventouse) en façade ou en toiture

Les terminaux situés à moins de 1,80 m du sol doivent être protégés par une protection mécanique. S'ils donnent sur une voie de circulation publique ou privée, un déflecteur parallèle au mur doit être prévu.

Les écartements entre l'axe du conduit et les ouvrants ou ventilations sont fixés de la manière suivante pour les appareils de type C11, C12, C13, C31, C32, C33 :

- 40 cm au moins d'une baie ouvrante ;
- 60 cm au moins d'une entrée d'air de ventilation.

Les terminaux des appareils de type C11, C12, C13 (tirage naturel) doivent en plus satisfaire les conditions d'écartements suivantes (figure 16.9) :

- 15 cm au moins d'un angle de mur ;
- 30 cm au moins du sol ou du bord d'une toiture.

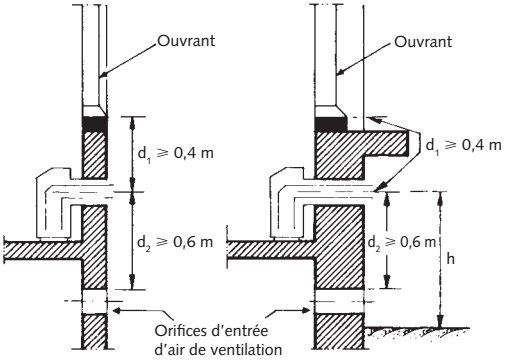


Figure 16.9 – Position de l'orifice en paroi extérieure par rapport aux baies

Les règles de positionnement des terminaux en sous face d'une surface horizontale ou d'un rebord de toiture sont détaillées dans le NF DTU 61.1 P 4.

Les débouchés dans une courette fermée couverte sont interdits. Les conditions de débouchés dans les courettes en U sont fixées dans le NF DTU 61.1 P4 et P7.

3.4 Nouvelles exigences appareils gaz

Depuis septembre 2015, les exigences en termes de performance des chaudières gaz ont été renforcées par le Règlement sur l'écoconception. En 2018, une nouvelle exigence relative aux émissions de **NOx** (oxydes d'azote inférieurs à 56 mg/kWh PCS) et aux **rendements** s'appliquera (efficacité utile en chauffage ≥ 86 % à 100 % de charge, ≥ 94 % à 30 % de charge depuis 2015, objectif : division par trois des émissions polluantes). De la même manière, depuis le 26 septembre 2015, les appareils de moins de 70 kW doivent comporter une étiquette énergétique (erP) – comme

©

pour les appareils électroménagers – qui définit leurs performances. Pour plus de précisions, on consultera la norme EN 15502 (avril 2017).

Dans ce cadre, les chaudières « classiques » cheminées de type B1 d'une puissance inférieure à 70 kW ne pourront plus être commercialisées après le 26 septembre 2018. Seules seront autorisées les **chaudières condensation** et les **chaudières bas NOx** (type C ou B2).

Ces dispositions ne s'appliquent pas aux chaudières d'une puissance supérieure à 400 kW, aux chaudières biomasse, aux chaudières bois ou pellets, à la production d'eau chaude seule, à la cogénération ayant une puissance électrique ≥ 50 kW.

Mais il existe des millions de chaudières de type B1 installées. Leur remplacement en individuel est souvent possible par une chaudière bas NOx et condensation. En collectif (conduit shunt, Alsace, alvéole technique gaz ou VMC gaz), cela imposera le remplacement de toutes les chaudières en même temps que la modification des conduits de fumées qui ne seront pas adaptés aux nouveaux appareils.

Les températures des fumées des chaudières bas NOx ou condensation sont plus basses que celles des chaudières classiques. Les anciens conduits de fumées ne sont pas adaptés car il y a risque de condensation ; ils ne sont pas non plus adaptés à l'évacuation des fumées sous pression.

Des solutions sous avis technique sont proposées par les fabricants pour rénover ces conduits de fumées (Rénoshunt ou Combishunt de Poujolat ou chemilux d'Ubbink par exemple).

Un tubage individuel peut être parfois réalisé, la chaudière sera alors raccordée en B22P ou B23P (fumées évacuées sous pression et air neuf pris dans la pièce). L'ancienne cheminée sera ventilée, une étude sera réalisée à chaque fois et il faudra respecter les avis techniques (mode de mise en œuvre pour chaque solution).

Il faudra dans tous les cas se rapprocher des constructeurs d'appareils et des fabricants de conduits de fumées pour trouver la solution adaptée. La première étape, qui n'est pas la plus simple, consiste à identifier sur quel type de conduit de fumées est raccordé l'appareil (voir paragraphe 10).

Le règlement sur l'écoconception définit des profils de soutirage pour l'eau chaude sanitaire qui correspondent à des séquences de puisage sur 24 heures, il doit figurer sur l'étiquette de l'appareil :

Tableau 16.10 – Étiquette appareils gaz

Profil de soutirage	Usage type	Débits minimum en l/min
3XS	Petit lavabo à 25 °C	2
XXS	Lavabo simple à 35 °C	2
XS	Douche simple à 35 °C	3
S	Douche et lavabo simple à 35 °C	5
M	Douche et lavabo à 55 °C	6
L	Douche, bain et lavabo à 55 °C	10
XL	Bains et douches simultanés	10
XXL / 3XL / 4XL	Plusieurs bains et douches simultanés	16 / 48 / 96

Les exigences de performance de ces profils de soutirage seront amenées à se renforcer en septembre 2018.

La présentation de l'étiquette énergétique est définie par la norme EN 15502-1.

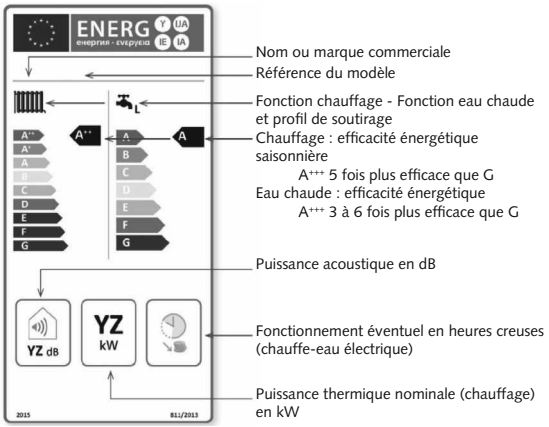


Figure 16.10 – Exemple de modèle d'étiquette énergétique d'une chaudière mixte

©

4 Installation des chauffe-eau ou chaudières gaz – local réglementaire

Les chaudières à usage individuel peuvent être installées dans les logements, ou dans un local ou placard affecté exclusivement à cet usage situé dans les parties communes d'une habitation collective. Ce local s'appelle une **alvéole technique gaz**.

Le local dans lequel se trouve un appareil doit être ventilé (sauf pour les appareils étanches), il doit avoir un volume minimum de 8 m^3 (15 m^3 pour les appareils non raccordés).

Il existe de nombreuses dérogations à ces règles, il conviendra de consulter les DTU et textes en vigueurs.

5 Raccordement des compteurs et des appareils

Le raccordement d'une installation domestique ou collective sur le réseau public est appelé **branchement** jusqu'au compteur d'abonné ou, en son absence, à l'organe de coupure générale.

La partie de l'installation située après compteur est appelée **installation intérieure** (quelle que soit la position du compteur).

Un branchement peut comporter :

- un organe de coupure générale (qui permet d'interrompre l'alimentation en gaz de l'ensemble de l'installation) ;
- des accessoires (détendeur, limiteur de débit, etc.) ;
- une conduite d'immeubles (conduite d'allure horizontale qui alimente une ou plusieurs conduites montantes, tiges de cuisine, placard technique gaz ou directement les installations intérieures) ;
- une conduite montante (conduite d'allure verticale qui alimente différents niveaux d'un immeuble) ;
- une tige-cuisine (conduite à usage collectif, verticale située dans les parties privatives, qui alimente un seul appareil de cuisson par logement – un four et une plaque de cuisson sont considérés comme un seul appareil s'ils se trouvent dans la même pièce) ;
- une conduite de coursive (tuyauterie d'allure horizontale alimentant des branchements particuliers situés sur un même niveau) ;
- des organes de coupure individuelle (qui permettent d'interrompre l'alimentation en gaz des logements), ils devront être conformes à la marque NF gaz ;

- des branchements individuels (qui alimentent un logement ou une chaufferie) ;
- des blocs de détente : ensemble constitué de différents appareils (filtres, vannes, détendeur, etc.) dont la fonction est de régler la pression aval à une valeur fixe indépendamment de la pression amont qui peut varier ;
- des détendeurs-régulateurs : ils permettent de maintenir la pression en aval dans des limites acceptables. Ils peuvent être individuels ou collectifs, ou intégrés au bloc de détente.
- **La limite de propriété du gaz entre le distributeur et le client s'effectue au compteur.**

Lorsque les compteurs d'un logement collectif sont installés dans un même local, ce local est appelé **local technique gaz**. Lorsqu'un appareil gaz est installé dans un placard prévu exclusivement pour cet usage (dans lequel on ne peut pas séjourner porte fermée), ce placard est appelé **placard technique gaz.**

□ **Parties collectives**

Le diamètre intérieur des conduites collectives est limité par le DTU 61.1 à :

- 108 mm pour les pressions ≤ 100 mbar ;
- 70 mm pour les pressions ≤ 400 mbar ;
- 37 mm pour les pressions > 400 mbar.

Les installations avant compteur en immeubles collectifs doivent être réalisées par des professionnels ayant obtenu une attestation d'aptitude spécifique au mode d'assemblage concerné.

La partie des installations avant compteur ne sera pas développée dans le présent ouvrage, il conviendra de consulter le DTU 61.1 P3.

6 Mise en œuvre des tuyauteries

6.1 Règles générales

D'une manière générale toute tuyauterie gaz qui sera abandonnée et laissée en place devra être purgée, déconnectée et obturée (par pincement) à toutes ses extrémités. Si la tuyauterie ne peut pas être déconnectée, l'obturation devra être réalisée de manière étanche.

© **Tout organe de coupure non raccordé doit être obturé.**

Toutes les tuyauteries métalliques intérieures ou extérieures au bâtiment doivent être reliées à la liaison équipotentielle.

Attention
La tuyauterie gaz ne doit pas servir de prise de terre.

Les robinets de coupure générale doivent se situer à une distance inférieure à 20 m de l'habitation. Si la distance est supérieure à 20 m, il faudra installer en façade ou au plus près de la pénétration de la canalisation dans le bâtiment un deuxième organe de coupure.

Les raccords unions (raccords 2 ou 3 pièces) doivent être assemblés sur les tuyauteries par soudage ou brasage.

L'emploi de raccords mixtes comportant un filetage n'est autorisé que :

- pour l'assemblage d'une tuyauterie sur un accessoire ou un appareil d'utilisation ;
- lorsque l'assemblage par soudure ne peut être exécuté en position ;
- dans les locaux non ventilés si les raccords vissés sont réalisés avec :
  - un raccord sphéroconique conforme à la norme NF E 29-536,
  - des raccords à joints plats conformes à la norme NF E 29-532,
  - un produit d'étanchéité spécial gaz conforme à la norme.

Il est interdit dans les fourreaux, et pour les tuyauteries incorporées (encastrées, engravées, enrobées).

Les produits utilisés pour réaliser des joints doivent être conformes aux normes NF EN 549, NF EN 751-1,2 et 3, les joints en cuir ou en fibres et la filasse sont interdits.

D'une manière générale, les accessoires doivent rester démontables (exception faite des tuyauteries en polyéthylène pour lesquelles les robinets conformes à la norme NF T 54-067 peuvent être assemblés par électrosoudage).

Les assemblages par raccords à joints plats (douilles en laiton, collets battus et collets emboutis) ne sont autorisés que pour des pressions ≤ 500 mbar. Les collets battus et collets emboutis ne sont autorisés qu'après compteur.

Pour les GPL, seules les douilles en laiton sont autorisées sans limitation de pression.

Les assemblages par brides ne sont autorisés que pour des pressions

≤ 5 bar, les boulons de la bride ne doivent pas se situer dans l'axe vertical de la tuyauterie. Le joint non métallique doit être posé sec.

Les assemblages par raccords sphéroconique ne sont autorisés que pour des pressions ≤ 5 bar.

Les organes de coupure ou robinets de commandes d'appareils doivent être conformes à l'une des normes suivantes : NF EN 331, NF E 29-135, NF E 29-140 et NF E 29-141.

6.2 Assemblage de tuyauteries différentes

L'utilisation de raccords mécaniques n'est autorisée que lorsque le soudage, le soudobrasage ou le brasage ne peut être exécuté en place.

On effectuera de préférence le changement de nature du tube (matériaux différents) au niveau d'un accessoire. Un raccord isolant sera posé entre les deux tubes lorsque les tuyauteries sont enterrées, ou lorsque l'une des tuyauteries est placée sous protection cathodique :

- **Assemblage acier-cuivre :** il est réalisé par soudobrasage (façonnage réalisé en atelier) ou par manchettes d'assemblages. Les piquages sont interdits.
- **Assemblage acier-plomb :** il est réalisé par manchettes d'assemblages, le soudage ou le brasage sont interdits.
- **Assemblage acier inoxydable :** il est réalisé par brides.
- **Assemblage cuivre-plomb :** il est réalisé par jonction ou piquage à l'étain.
- **Assemblage polyéthylène-acier ou polyéthylène-cuivre :** il est réalisé par raccords électrosoudables ou raccords mécaniques.

6.3 Pose des tuyauteries gaz enterrées

La tuyauterie devra être posée sur un fond de fouilles stables, sans pierres et dépourvu de points durs à une profondeur minimale de 0,5 m. Si ce n'est pas le cas, elle devra être protégée contre les chocs (caniveau rempli de sable, etc.). Le grillage avertisseur de couleur jaune est placé 0,20 m au-dessus de la tuyauterie, le tracé des canalisations devra tenir compte des contraintes techniques (plantations, trottoirs, etc.). Le remblayage sera effectué par couches successives à l'aide de sable ou de terre épierrée sur une hauteur de 0,20 m, l'usage de sable de mer ou de mâchefer est interdit.

Si la tuyauterie ne peut pas être signalée par un grillage avertisseur, les deux extrémités de la tuyauterie doivent être repérées par une plaque comportant le mot « gaz », le tracé de la tuyauterie doit figurer sur un plan si elle n'est pas rectiligne.

©

Les conditions de franchissement d'un bâtiment d'une tuyauterie gaz par un passage sont définies dans le DTU 61.1 P 2 (2010).

■ Distances avec les autres canalisations enterrées

La distance entre deux génératrices doit être au moins égale à 20 cm (trajectoires parallèles) et peut être dans certains cas de 5 cm pour les croisements (figure 16.11).

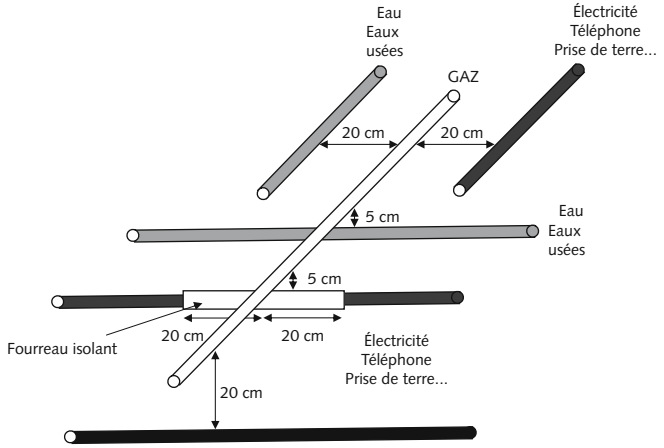


Figure 16.11 – Distances avec les autres canalisations enterrées

Lorsqu'une tuyauterie enterrée pénètre dans un immeuble à travers un mur enterré, l'espace entre le mur et la tuyauterie ou entre le fourreau et la tuyauterie doit être obturé (au mastic silicone par exemple).

Lorsqu'elle émerge du sol le long d'un mur, elle doit être protégée mécaniquement par un fourreau ou une demi-coquille qui pénètre d'au moins 20 cm dans le sol et remonte sur une hauteur d'au moins 5 cm. Si la hauteur de la protection dépasse 20 cm, elle doit être fixée au mur. Si la hauteur de tuyauterie dépasse 2 m au-dessus du sol, la protection doit avoir une hauteur d'au moins 2 m. L'espace situé entre la tuyauterie et extrémité du fourreau doit être obturé.

Il est interdit :

- de poser une tuyauterie dans les égouts ;

- de traverser des regards ou volumes non ventilés (la traversée sous fourreau continu et étanche est tolérée à condition de ne pas gêner l'usage de l'ouvrage existant) ;
- d'enterrer une tuyauterie sous un bâtiment, sous un caniveau ou un trottoir parallèlement à l'axe de circulation, ou au-dessus d'une autre canalisation ou d'un caniveau technique.

Mais la pénétration sous un bâtiment d'une tuyauterie en cuivre sans assemblage est tolérée pour une habitation individuelle si les précautions sont prises pour éviter tout risque de cisaillement.

6.4 Pose des tuyauteries de gaz en élévation

Il est interdit de traverser ou de poser une tuyauterie dans :

- les cuves ou réservoirs de stockage de combustible liquide ;
- les conduits de ventilation, de désenfumage, d'évacuation des produits de combustion ;
- les conduits de vide-ordures ;
- les cages, gaines et machineries d'ascenseur ou de monte-charge ;
- les chaufferies ;
- les locaux des transformateurs ;
- les locaux des groupes électrogènes.

Toutefois, une tuyauterie gaz peut traverser les locaux des chaufferies, des machineries d'ascenseur, des transformateurs et des groupes électrogènes si elle est placée dans une gaine en matériaux incombustibles A1 ; elle est considérée comme « hors volume ».

Il est interdit de poser une tuyauterie dans un vide de construction (hourdis, etc.), dans la même gaine que des colonnes électriques. Mais il est possible de traverser horizontalement une gaine de service (installation électrique, téléphone, gaines contenant des chutes d'ordures ménagères ou des conduits de fumée, etc.) en plaçant la tuyauterie sous fourreau continu étanche, isolant, débouchant au moins à une extrémité sur un espace ventilé ou aéré et en préservant une distance minimale de 1 cm avec toute autre tuyauterie.

Il est possible de traverser des locaux de stockage de combustible, de machineries (autres que d'ascenseurs et monte-charge), de réception des ordures ménagères si la tuyauterie est placée sous fourreau métallique continu étanche, débouchant au moins à une extrémité sur un espace ventilé ou aéré, ou si la tuyauterie est en tubes acier conforme aux normes.

Dans ce cas, les accessoires et organes de coupure sont interdits dans les locaux, les assemblages par brasage, soudobrasage, soudage sont admis (se reporter au paragraphe sur les tuyauteries acier).

La traversée des mini-chaufferies est possible si les tuyauteries sont en tubes d'acier, repérées et assemblées par soudage.

De la même manière, la traversée des parois creuses doit se faire sous fourreau libre à une extrémité au moins.

■ Distances avec les autres canalisations posées en élévation

Les tuyauteries gaz ne doivent être en contact avec aucune autre canalisation (figure 16.12).

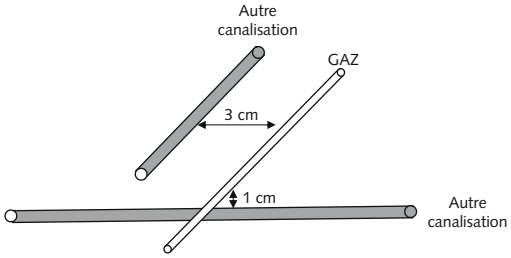


Figure 16.12 – Distances avec les autres canalisations posées en apparent

La distance d'écartement avec une antenne, un support d'antenne de radiodiffusion, un paratonnerre (ou son conducteur) est portée à 3 m.

Dans les parties communes, toutes les tuyauteries situées à moins de 2 m du sol doivent être protégées par une protection mécanique ventilée (tuyauterie autre qu'en tube acier).

La traversée des planchers et des murs ou cloisons doit se faire sous fourreau non fendu (pour les planchers il doit être insensible à la rouille et aux produits ménagers) ; l'espace supérieur situé entre la tuyauterie et l'extrémité du fourreau doit être obturé. Les fourreaux sont à ras du plafond et dépassent d'au moins 5 cm les planchers ou plans de travail.

Lorsqu'on emploie un tube métallique comme fourreau, les extrémités doivent être ébarbées.

6.5 Supports des tuyauteries gaz intérieures posées en élévation

L'écartement maximum entre deux colliers, entre un collier et un point fixe ou un accessoire est défini par le DTU61.1 P2, les valeurs d'écartement sont reprises dans le tableau 16.11.

Tableau 16.11 – Écartement entre deux colliers pour des canalisations gaz*

Nature de la tuyauterie		Nature du collier	Écartement maximum (m)	
			Canalisations horizontales	Canalisations verticales
Tuyauteries en acier	D extérieur ≤ 20 mm	acier	1	2
	D extérieur > 20 mm	acier	2	3
			Ces distances peuvent être portées à 4 m en cas de contraintes techniques	
Tuyauteries en cuivre	D extérieur ≤ 25 mm	laiton cuivre acier	1	1,5
	D extérieur > 25 mm	laiton cuivre acier	2	3

* Lorsque la tuyauterie et les colliers ne sont pas de même nature (acier galvanisé - acier noir, cuivre - acier noir ou galvanisé), il faudra une garniture isolante entre le tube et le collier. D'une manière générale, les colliers isolés sont recommandés.

6.6 Pose des tuyauteries gaz en vide sanitaire

La pose des tuyauteries gaz est autorisée dans un vide sanitaire accessible et ventilé si aucune matière ou matériel combustible n'y est stocké. Aucun raccord mécanique ou accessoire n'est autorisé à l'intérieur du vide sanitaire.

Un vide sanitaire accessible doit disposer d'une hauteur supérieure à 0,60 m sur tout le passage de la tuyauterie ainsi qu'une trappe d'accès.

©

Il est ventilé si la surface totale de toutes les ouvertures en cm^2 est égale à 5 × surface du sol en m^2.

Le passage dans un vide sanitaire non accessible ou non ventilé est possible si sa longueur ne dépasse pas 2 m et si la tuyauterie est placée dans un fourreau étanche, continu, débouchant au moins à une extrémité sur un espace ventilé ou aéré ou sur l'extérieur.

6.7 Pose des tuyauteries gaz en faux plafonds

Les tuyauteries gaz ne peuvent être posées en faux plafonds qu'à condition d'être placées dans un fourreau métallique continu et étanche, débouchant au moins à une extrémité sur un espace ventilé ou aéré ou de respecter **toutes** les conditions suivantes :

- respect des distances d'écartement avec les autres tuyauteries ;
- faux plafonds ventilés par des grilles de ventilation ou des trous percés (diamètre ≥ 5 mm) uniformément répartis (section totale ≥ 1/100 surface du faux plafond) ;
- espace du faux plafond visitable sur le parcours de la tuyauterie gaz.

6.8 Autre type de pose des tuyauteries gaz

Il est possible de placer des tuyauteries gaz :

- dans une galerie technique : en respectant les distances d'écartement avec les autres canalisations et en identifiant les canalisations (norme NF X 08-100), les raccords mécaniques et accessoires y sont interdits ;
- **en coffrage :** il ne comporte pas de canalisations électriques, il est en communication avec l'atmosphère du local et les tuyauteries restent accessibles (démontage possible) ;
- **sous gaine :** elle ne doit contenir que la tuyauterie gaz, elle est ventilée et résistante à la corrosion ;
- **dans une plainte ou une moulure :** elles ne doivent abriter dans le même volume aucune autre canalisation, elles doivent être ventilées et démontables pour permettre l'accès aux tuyauteries.

6.9 Pose des tuyauteries gaz incorporées à la construction (enrobées, encastrées ou engravées)

Rappel des définitions

Canalisations enrobées : Canalisation d'une longueur supérieure à 1 m, noyée dans un élément du gros œuvre, la mise en place du matériau d'enrobage (béton, mortier…) a lieu après la pose de la canalisation.

Canalisations encastrées : Canalisation d'une longueur supérieure à 1 m, mise en place dans un emplacement réservé (au moment de la réalisation du gros œuvre), le remplissage est réalisé par la suite avec un matériau de même nature que celui utilisé pour le gros œuvre.

Canalisations engravées : Canalisation installée dans une saignée réalisée dans un ouvrage, le remplissage est réalisé avec un matériau de même nature.

Les joints mécaniques sont interdits sur les tuyauteries incorporées, seules les brasures, soudobrasures et soudures indispensables sont autorisées. Les dérivations sur les tuyauteries incorporées (tés) ne sont autorisées qu'au droit des appareils.

Les tuyauteries ne devront pas être en contact avec une autre canalisation, les parcours doivent rester simples (il faudra éviter le passage sous les seuils de porte). Lorsque les tuyauteries traversent des vides d'éléments creux (brique creuse, hourdis, etc.), elles seront placées dans un fourreau étanche, continu, débouchant au moins à une extrémité sur un espace ventilé ou aéré.

Dans les planchers ou les cloisons, l'épaisseur minimale de recouvrement d'une tuyauterie gaz doit être d'au moins 20 mm (cette distance peut être localement de 10 mm en cas de croisement d'une autre canalisation).

La traversée des éléments du gros œuvre ne peut s'effectuer que dans une gaine posée à l'origine de la construction.

Il est interdit de :

- réaliser des saignées dans les éléments porteurs ;
- poser une canalisation de gaz dans une chape liquide, une chape flottante,

une dalle ou une chape chauffante ou dans le mortier de pose de carrelage scellé ;
- de traverser un joint de dilatation du gros œuvre (elle doit être réalisée en apparent) ;
- de poser une tuyauterie directement sur un entrevous (élément d'un plancher posé entre deux poutres).

Toutefois, dans les opérations de rénovation, lorsque la surface est réduite, les tuyauteries gaz peuvent être incorporées dans une chape ou un mortier de pose réalisé en une seule opération, la sortie de la tuyauterie du sol doit être protégée par un fourreau PVC dépassant d'au moins 5 cm.

6.10 Pose des tuyauteries gaz dans les cloisons

Seule la pose de tuyauteries **verticales** est autorisée dans les cloisons en carreaux de plâtre, en carreaux de béton cellulaire, en brique plâtrière ou en blocs creux de béton, en respectant les règles de pose définies dans le chapitre 8, Canalisations d'eau sous pression.

L'engravement des canalisations dans les cloisons, les parties obliques ou horizontales sont interdites.

Dans les cloisons en plaques de plâtre ou panneaux composites, la tuyauterie gaz doit être posée sous fourreau étanche, continu, débouchant au moins à une extrémité sur un espace ventilé ou aéré.

L'épaisseur minimale d'enrobage doit être de 15 mm.

Les joints mécaniques sont interdits.

Dans les cloisons en carreaux de plâtre, béton cellulaire ou briques plâtrières, le diamètre sera de 21 ou 24 mm selon les cas.

7 Tuyauteries gaz

7.1 Tuyauteries en acier

Elles seront conformes aux normes NF EN 10216 – Tubes sans soudure ou NF EN 10217 – Tubes roulés soudés. Elles peuvent être posées enterrées, en élévation ou incorporées.

Les tuyauteries enterrées seront protégées extérieurement par un revêtement à base de liants hydrocarbonés (normes NF EN 1057) ou en polyéthylène (normes NF EN 10288).

Les tuyauteries posées en élévation (qui ne sont pas en acier inoxydable ou en acier galvanisé) seront protégées extérieurement de la corrosion

par un revêtement (bandes adhésives ou imprégnées) ou une peinture anticorrosion.

La pose des tuyauteries en acier incorporées sous fourreau est interdite (seuls les fourreaux de protection en sortie des tuyauteries du sol sont autorisés). La tuyauterie sera protégée de la corrosion lorsque que l'on ne connaît pas la qualité des mortiers ou bétons utilisés. L'utilisation de revêtements ou gainages continus, isolants, adhérant à la surface du tube est autorisée (PVC, élastomères, bandes adhésives).

Les raccords et les alliages d'apport doivent être conformes aux spécifications ATG B 521.

Le piquage n'est autorisé que sur les tubes en acier, le diamètre du piquage peut être identique à celui de la tubulure pour les tubes en acier noir, le diamètre du piquage doit être inférieur ou égal à 2/3 du diamètre de la tubulure principale pour les tubes en acier galvanisé.

Les tubes en acier inoxydable ne peuvent pas être façonnés, ceux en acier noir peuvent être cintrés à chaud ou à froid, ceux en acier galvanisé peuvent être cintrés à froid à l'aide d'une cintreuse.

Les tubes en acier noir ou galvanisés des normes NF EN 10216-1, NF A 49-115, NF EN 10241 et NF EN 10217-1 (pour certaines en cours de révision), peuvent être soudés à l'arc électrique sous atmosphère protectrice, soudés à l'arc électrique sans atmosphère protectrice si l'épaisseur est supérieure ou égale à 2,9 mm, soudés au chalumeau oxyacétylénique si l'épaisseur est inférieure ou égale à 3,2 mm ou soudobrasés.

Les tubes en acier inoxydable des normes NF EN 10216 et NF EN 10217 ne peuvent être que soudés à l'arc électrique sous atmosphère protectrice.

Pour les tubes de l'ancienne norme NF A 49-146, seul le soudobrasage est autorisé en réparation, les piquages sont interdits.

L'assemblage des tubes par soudage est réalisé bout à bout.

L'assemblage des tubes par des joints filetés est interdit, mais l'assemblage par raccords filetés des tubes conformes aux normes NF A 49-115 et NF EN 10241 avec des accessoires ou des robinets est admis. Pour les tubes conformes aux autres normes, il faut utiliser un raccord intermédiaire à souder.

Dans tous les cas l'étanchéité du filet devra être réalisée à l'aide d'un produit agréé gaz.

©

7.2 Tuyauteries en cuivre

Elles doivent être conformes aux spécifications ATG B 524 ce qui est le cas des tubes conformes à la norme NF EN 1057 – Tubes nus, ou à la norme NF EN 13349 – Tubes gainés. Elles peuvent être en cuivre recuit ou écroui, elles peuvent être posées enterrées, en élévation ou incorporées mais ne peuvent être utilisées pour les tiges-cuisine.

Les raccords et les alliages d'apport doivent être conformes aux spécifications ATG B 524.

Les tubes en cuivre écroui (en barres) peuvent être cintrés à froid sur une machine à cintrer jusqu'au diamètre 20×22 sans présenter de traces de cintrage.

Les tubes en cuivre recuits (en usine ou sur chantier) peuvent être cintrés à froid ou à chaud sur une cintreuse, au ressort ou au mandrin, au sable en respectant un rayon de cintrage minimum de trois fois le diamètre du tube.

Les emboîtures ou collets battus sont autorisés s'ils sont réalisés à froid sur des tubes recuits à l'aide d'outillage spécifique.

Les tubes en cuivre de diamètre inférieur ou égal à 54 mm peuvent être assemblés par brasage capillaire, ceux ayant un diamètre extérieur compris entre 42 et 110 mm peuvent être assemblés par soudobrasage.

L'utilisation de **brasure tendre** n'est possible que dans les cas suivants :

- réalisation de réparation à l'identique d'un assemblage déjà réalisé en brasure tendre ;
- réalisation d'installations intérieures d'habitation individuelle ayant une pression ≤ 400 mbar ;
- réalisation d'installations intérieures (après compteur) de logements collectifs ayant une pression ≤ 50 mbar (dans ce cas la brasure tendre est interdite avant pénétration dans le logement).

L'utilisation de fourreau pour le cuivre prégainé n'est pas nécessaire.

La tuyauterie en cuivre incorporée sera protégée de la corrosion lorsque l'on ne connaît pas la qualité des mortiers ou bétons utilisés par un revêtement ou gainage continu.

7.3 Tuyauteries en plomb

Les tuyauteries en plomb sont interdites pour les installations nouvelles (supérieure à 50 cm).

L'emploi des tuyauteries en plomb n'est plus autorisé que pour effectuer des réparations (points de soudure, remplacement à l'identique pour

une longueur inférieure à 50 cm) sur les tuyauteries existantes en gaz naturel – P < 400 mbar. La soudure sera réalisée à l'étain (références 25E1, 28E1, 30E1, 33E1).

Sur les conduites montantes, une seule réparation à l'identique est permise sur une hauteur d'étage.

Les tuyauteries en plomb doivent être fixées tous les 33 cm ; pour les canalisations verticales, une saillie en soudure doit être réalisée tous les 1 m.

Si l'on doit remplacer une tuyauterie en plomb par une tuyauterie d'une autre nature, cela constitue une modification d'installation.

7.4 Tuyauteries en polyéthylène

Elles doivent être conformes à la norme NF EN 1555-1, elles sont identifiées par une bande jaune. Elles peuvent être utilisées pour les parties enterrées de l'installation à l'extérieur des bâtiments (en dehors de la projection horizontale du bâtiment sans tenir compte des balcons et des corniches). **Elles sont donc interdites à l'intérieur des bâtiments.**

Elles ne doivent pas être soumises à des températures supérieures à 30 °C ou inférieures à –20 °C (si c'est le cas, des mesures de protection – calorifugeage – doivent être prises).

La tuyauterie en polyéthylène peut remonter le long de la façade sur une hauteur inférieure à 2 m. Elle doit être sous fourreau lorsqu'elle est encastré et protégée de la lumière et des chocs lorsqu'elle est posée en apparent. Le raccord de liaison plastique- métal doit être protégé dans un coffret ou une niche.

Les tuyauteries en polyéthylène peuvent être cintrées en respectant un rayon de courbure de 30 fois son diamètre extérieur. Pour les remontées en façade, le rayon de courbure peut être plus faible (12 fois le diamètre extérieur) lorsque la tuyauterie est posée dans un fourreau PVC compacte préformé.

Les tuyauteries en polyéthylène et accessoires seront assemblées par des raccords électrosoudables ou par des raccords mécaniques.

7.5 Tuyau onduleux pliable en acier inoxydable

Depuis peu est autorisée en France pour le gaz l'utilisation avant ou après compteur de tuyauteries inox pliables. Elles sont vendues en rouleau de 30 à 90 mètres, gainées polyéthylène jaune en DN10 à 50 pour des pressions inférieures à 500 mbar. Elles doivent respecter la norme NF E 29-533.

©

Ces systèmes vendus en kit (tuyauterie + raccords) réduisent le temps de travail (ils sont souples et se posent facilement) et ne nécessitent ni chalumeau ni outillage spécifique.

Comme pour les autres tuyauteries, les raccords sont interdits en encastré, engravé, incorporé, dans les fourreaux ou faux plafonds. Les raccords doivent rester accessibles. Les tuyauteries peuvent être posées en enterrées, en élévation, incorporées. L'engravement dans le béton sans fourreau est interdit. Des rayons de cintrage minimum sont à respecter, les colliers sont à poser tous les 1,5 m maximum à l'horizontal et tous les 3 m à la verticale.

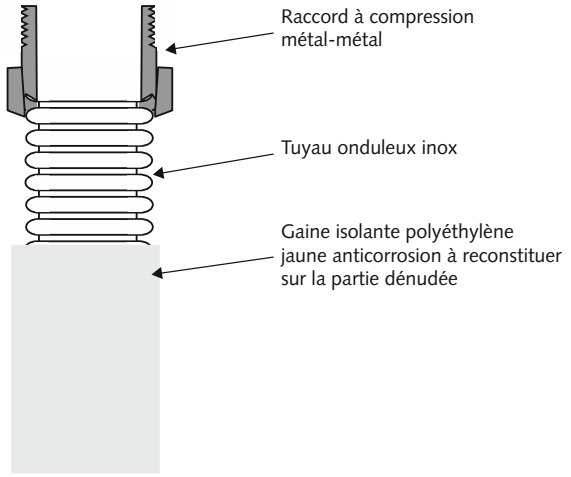


Figure 16.13 – Tuyau onduleux inox gaz

8 Pose des compteurs et accessoires

8.1 Compteurs

L'emplacement des compteurs est réglementé, déterminé en accord avec le distributeur, dans des endroits ventilés ou aérés, éclairés, protégés des détériorations (intempéries, chocs, etc.). Pour les habitations

individuelles, le compteur est généralement placé en limite de propriété sur la voie publique.

Pour les habitations collectives, il peut être placé dans une gaine de conduites montantes, un local ou placard technique gaz. Pour les immeubles existants, il peut être placé dans une partie commune ou dans un logement ou local privé (dans ce cas, il doit être au plus près du point de pénétration ; la pose dans une salle de bains, de douche, dans un WC ou sous un évier est interdite).

Chaque compteur doit être identifié par une plaque permettant de déterminer l'installation desservie (figure 16.14).

La tuyauterie raccordée au compteur doit avoir un diamètre nominal minimal de 20 mm pour les installations en gaz naturel.

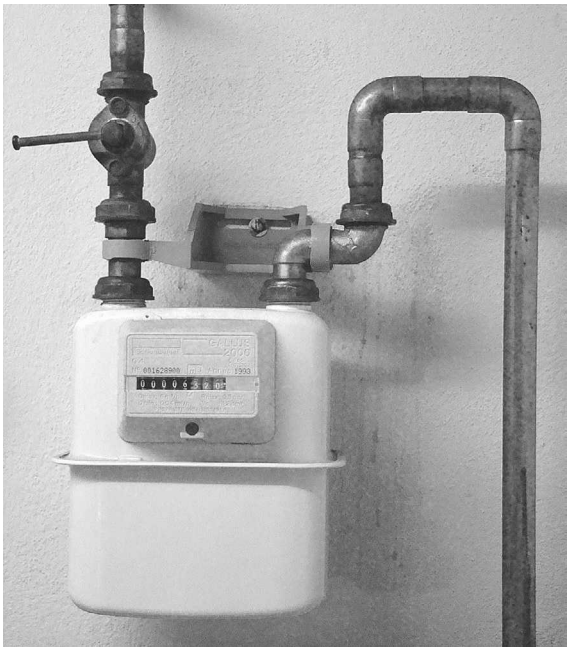


Figure 16.14 – Compteur gaz

©

8.2 Raccordement – robinets d'appareils

Chaque appareil doit être équipé d'un robinet de commande monté par un raccord démontable sur la tuyauterie et fixé sur la paroi.

Attention

Lorsqu'un robinet est laissé en attente de raccordement, il doit être condamné par un bouchon de manière étanche. De la même manière, aucune tuyauterie raccordée ne peut être laissée en attente non obturée.

Un robinet de commande d'appareil doit se situer dans le même local que l'appareil à une distance inférieure à 2 m de celui-ci, il doit être accessible facilement et situé à une hauteur comprise entre 0,10 m et 1,70 m du sol.

Lorsque le robinet se situe dans un placard de cuisine, aucun obstacle ne doit empêcher de le voir ou de le manœuvrer facilement (siphon d'évier, cuve, tiroirs, cuisinière, etc.), il doit se situer à moins de 60 cm de la façade du meuble.

Lorsqu'un appareil est raccordé par un flexible, le robinet doit être un robinet à obturation automatique intégrée – ROAI pour le gaz naturel ou un DDS pour les installations GPL.

Selon les cas, un appareil pourra être raccordé par un tube rigide, un tuyau flexible, un tube souple ou un tube rigide suivi d'un tuyau flexible.

Lorsqu'un tuyau souple est utilisé, il doit rester visitable sur toute sa longueur (pour le choix d'un tuyau souple ou flexible pour un appareil de cuisson se reporter au chapitre 10, Cuisine).

Remarque

Il est possible de ne pas installer de robinet de commande d'appareil lorsque celui-ci est raccordé en tube rigide (obturable par un bouchon vissé lors de la dépose de l'appareil) et qu'il est équipé d'une sécurité positive permettant la coupure du gaz.

L'utilisation de flexibles non métalliques est interdite pour les appareils de production d'eau chaude sanitaire, de chauffage, les cheminées décoratives.

L'utilisation de flexibles est obligatoire lorsque le fonctionnement de l'appareil provoque des vibrations ou lorsque l'appareil peut être déplacé de manière involontaire (cuisinière, etc.).

Lorsqu'un appareil est raccordé par un tuyau flexible, celui-ci devra être installé de manière à :

- éviter tout effort de traction ou de torsion ;
- être protégé des flammes ou des parties chaudes ;
- être solidement fixé aux extrémités ;
- laisser des raccords toujours accessibles ;
- rester visitable sur toute la longueur (visible) ;
- avoir une longueur inférieure à 2 m.

Rappel

Les appareils de cuisson ont un filetage en 1/2, ainsi que les robinets et accessoires en gaz naturel ; les robinets et accessoires GPL ont un filetage en 20 × 150.
Il faudra dans tous les cas contrôler la compatibilité du filetage des raccords car il est possible de visser un écrou 1/2 sur un filetage 20 × 150 en forçant, dans ce cas l'installation n'est pas conforme.

8.3 Essais et contrôles étanchéité

■ Résistance mécanique

Les essais mécaniques ne sont réalisés que sur les installations distribuant du gaz en réseau et fonctionnant à une pression supérieure à 400 mbar, les détendeurs régulateurs, limiteur des débits, limiteur de pression, compteurs, appareils à coupure automatique doivent être déposés lors de la mise en pression de l'installation, la tuyauterie est désolidarisée de l'installation située en amont (conduite de distribution) ou en aval (appareils).

La pression d'essai est de 6 bar durant 5 minutes, le contrôle s'effectue à l'aide d'un manomètre gradué de 0 à 10 bar ayant une précision de 0,1 bar : il ne doit pas y avoir de baisse de pression. La mise en pression s'effectue à l'aide d'air comprimé ou d'azote, l'usage d'un gaz combustible ou d'oxygène est interdit. Il faudra purger les canalisations à la fin de l'essai.

■ Étanchéité

Le contrôle d'étanchéité est obligatoire pour toute tuyauterie d'une longueur supérieure ou égale à 2 m ou lorsque la pression est supérieure

©

à 400 mbar (dans les autres cas on effectuera un contrôle d'étanchéité en vérifiant la non-rotation du compteur et en contrôlant les assemblages à l'aide d'un détecteur de fuite : détecteur électronique ou produits moussants).

La mise en pression s'effectue à l'aide d'air comprimé, d'azote, de dioxyde de carbone, de butane, de propane ou du gaz distribué. Les canalisations seront purgées à la fin des essais si le gaz utilisé ne correspond pas à celui prévu dans l'installation.

☐ **Installation intérieure ayant une pression ≤ 50 mbar**

La pression d'essais est la pression de service ± 10 % pendant 10 min, le contrôle s'effectue à l'aide d'un manomètre métallique ou à colonne d'eau gradué de 0 à 60 mbar ayant une précision de 1 mbar : il ne doit pas y avoir de baisse de pression.

☐ **Installation intérieure ayant une pression > 50 mbar**

La pression d'essai est la pression de service ± 10 % pendant 10 min, après un temps de stabilisation de 15 min. Le contrôle s'effectue à l'aide d'un manomètre métallique gradué de 0 à 600 mbar. Il ne doit pas y avoir de baisse de pression.

☐ **Installation GPL**

Dans le cas des parties d'installations GPL situées entre la première détente et le DDS, la pression d'essai est de 3 bar pendant 10 min, le contrôle s'effectue à l'aide d'un manomètre métallique gradué de 0 à 4 bar ayant une précision de 0,1 bar : il ne doit pas y avoir de baisse de pression.

Lorsque l'installation est mise en pression à l'aide du robinet d'isolement de l'installation, il faudra à la fin de l'essai d'étanchéité faire baisser la pression dans l'installation (à 50 % de sa pression de service) et s'assurer pendant 5 minutes que la pression n'augmente pas afin de vérifier l'étanchéité du robinet d'isolement et la validité du contrôle étanchéité.

Attention

Toute intervention sur une installation de gaz (travaux de réparation, soudage, etc.) doit être réalisée sur une canalisation « hors gaz », elle doit être démontée et purgée complètement.
Toute recherche de fuite à la flamme est interdite.

9 Ventilation des locaux

Un local est considéré comme **local aéré** s'il dispose d'une ouverture d'au moins 0,4 m^2 donnant sur l'extérieur ou sur une courette ayant des dimensions supérieures à 2 m. Si ce n'est pas le cas, le local est dit en position centrale. Un local est considéré comme **local ventilé** lorsque l'air ambiant est renouvelé (évacuation de l'air vicié et introduction d'air neuf).

On distingue dans les conduits d'amenée d'air qui assurent le transport de l'air depuis l'extérieur vers l'intérieur des bâtiments, les amenées d'air directes et les amenées d'air indirectes.

- **Amenée d'air directe :** l'air pénètre directement de l'extérieur vers le local où se situe l'appareil gaz à travers les parois extérieures du local.
- **Amenée d'air indirecte :** l'air pénètre de l'extérieur vers l'intérieur de l'habitation et traverse d'autres pièces avant d'atteindre le local où se situe l'appareil gaz.

Tous les locaux contenant des appareils gaz de type A ou B doivent être ventilés, ils doivent comporter une amenée d'air directe ou indirecte et une évacuation de l'air vicié. L'alimentation en air est nécessaire au fonctionnement des appareils.

La section réglementaire des entrées d'air dépendra de l'année de construction du bâtiment et de l'arrêté applicable au moment de la construction. On se reportera au NF DTU 61.1 P 5 qui fixe les sections des ventilations en fonction de l'année de construction, du type d'évacuation et du type d'amenée d'air.

Le coupe tirage d'un appareil raccordé peut servir de ventilation haute lorsque sa partie supérieure est située à au moins 1,8 m du sol.

■ Installation d'une ventilation mécanique

Dans une installation de ventilation mécanique, la bouche d'extraction qui permet d'évacuer l'air vicié du local peut être utilisée sous certaines conditions pour évacuer les produits de combustion d'un appareil gaz.

Un appareil à tirage naturel ne peut pas être installé dans une pièce ayant une hotte aspirante raccordée sur un conduit évacuant sur l'extérieur. La hotte doit être à recyclage interne.

Il est interdit d'installer un appareil à tirage naturel dans un logement équipé d'une VMC car il faudrait garantir les conditions de tirage du conduit d'évacuation des gaz brûlés (DTU 61.1). Le DTU 68.1 impose

©

d'installer l'appareil dans un local non soumis à la VMC, le règlement sanitaire départemental précise que les dispositifs mécaniques sont interdits.

10 Évacuation des produits de combustion

Les conduits de fumée (conduits d'évacuation des produits de combustion) sont les conduits verticaux qui relient le local où se trouve l'appareil gaz à la cheminée située en toiture. Les appareils sont raccordés au conduit de fumée à l'aide d'un conduit de raccordement. Lorsqu'un ou plusieurs appareils sont raccordés à un conduit de fumée par une tuyauterie d'allure horizontale, celle-ci s'appelle un carneau.

Le tirage dans un conduit de fumées est l'effet qui provoque l'élévation des fumées, il est dû à la différence de pression entre l'extérieur et l'intérieur du conduit.

On distingue :

- le tirage naturel dû à l'effet thermique ;
- le tirage naturel assisté mécaniquement par un extracteur statomécanique ;
- le tirage pas extraction mécanique, le tirage est assuré par un ventilateur d'extraction.

10.1 Théorie du tirage

Un conduit tire d'autant mieux que la charge aéromotrice est plus grande. Cette charge est due à la différence de poids entre deux colonnes de section et de hauteur égales à celle du conduit, dont l'une serait constituée par l'air extérieur et l'autre par les gaz chauds à l'intérieur du conduit (tableau 16.12)

Tableau 16.12 – Masses d'air et de gaz

Températures (°C)	Masse d'un m³ (kg)	
	d'air (d1)	de gaz brûlés (d)
–10	1,35	1,40
0	1,30*	1,35
+10	1,25	1,30
+20	1,20	1,25

Tableau 16.12 – Masses d'air et de gaz (suite)

Températures (°C)	Masse d'un m³ (kg)	
	d'air (d1)	de gaz brûlés (d)
+30	1,15	1,20
+50	1,05	1,10
+75		1,00
+100		0,95
+200		0,75
+300		0,60

* Exactement 1,293 à 0 °C et 760 mm en pression

La charge théorique (h), exprimée en pascal a pour valeur :

$$h = 9{,}81 \cdot H \cdot (d - d1)$$

avec :
h : valeur du tirage en Pascals ;
H : hauteur en mètres du conduit ;
D : poids moyen de 1 m³ de gaz chauds en kilogrammes ;
d1 : poids moyen de 1 m³ d'air extérieur en kilogrammes.

La valeur du tirage (dépression mesurée) doit être inférieure à –3 Pa.

Pour qu'il y ait tirage, il faut une charge ascensionnelle, c'est-à-dire que la valeur de d1 soit plus grande que d, que les gaz brûlés soient plus chauds que l'air extérieur (figure 16.15).

Exemple

Pour une cheminée d'une hauteur H = 10 m, une température d'air extérieur moyenne de 20 °C, une température moyenne des fumées de 150 °C, on aura d'après les valeurs du tableau 16.10 :

1 m³ d'air extérieur à 20 °C pèse 1,20 kg

1 m³ de gaz chauds pèse $\frac{0{,}95 + 0{,}75}{2} = 0{,}85$ kg

1 m³ de gaz chauds pèse = 0,85 kg

$h = 9{,}81 \times 10 \times (0{,}85 - 1{,}20) = -34{,}3$ Pa

©

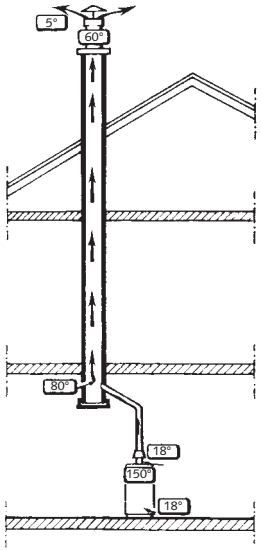


Figure 16.15 – Exemples de variations de la température des produits de combustion sur le parcours d'un conduit extérieur

Figure 16.16 – Cheminée en tube inox isolé

Le vent peut augmenter ou diminuer le tirage selon la position de la sortie du conduit de ventilation, on veillera à le positionner dans une zone de dépression.

Lorsque le conduit est mal isolé, les fumées refroidissent, ce qui réduit le tirage (figure 16.15).

On trouvera différents types de conduits.

10.2 Conduit individuel

Il assure l'évacuation des fumées seulement (Figure 16.15). Utilisé dans les années 1850-1930, il en existe 2,6 millions en maison individuelle et 1,2 million en collectif (source Cegibat). Après septembre 2018, il faudra utiliser une solution de rénovation globale ou un appareil sous avis technique (Atec).

10.3 Conduit individuel duo

Il assure l'évacuation des fumées et le renouvellement d'air de l'appartement. Utilisé dans les 1930-1950, il en existe environ 500 000 en maison individuelle et autant en collectif.

Après septembre 2018, il faudra utiliser une solution de rénovation globale ou un appareil sous avis technique.

10.4 Conduit shunt – shunt duo

Le conduit shunt est un conduit collectif desservant plusieurs étages. Il comprend un conduit collecteur destiné à assurer l'amenée d'air ou l'évacuation de l'air vicié et/ou des produits de combustion des appareils raccordés. Les raccordements individuels s'effectuent sur une longueur d'environ un étage.

Ils ont été réalisés dans les années 1950-1970. On trouvera des conduits shunt gaz qui n'évacuent que les fumées des appareils – il en existe avec les conduits Alsace environ 350 000 en habitat social et 50 000 en copropriété (source Cegibat) – et des conduits mixtes qui assurent aussi la ventilation des logements. On parle alors de shunt duo, il en existe environ 150 000 en social et 50 000 en copropriété (source Cegibat).

Ils nécessiteront une rénovation globale sous avis technique.

10.5 Conduit Alsace

Le conduit Alsace ressemble au conduit shunt sans départ individuel, mais est présent uniquement dans l'est de la France et dans les habitations construites avant 1969. Les appareils sont raccordés un étage sur deux (environ 50 000 appareils).

10.6 Gaines Se-Duct ou U-Duct

Ces gaines parfois utilisées permettaient à l'aide d'un seul conduit de réaliser l'amenée d'air et l'évacuation des fumées, la partie basse du conduit devait être raccordée à des prises d'air situées sur les deux façades opposées. Le grand volume d'air circulant dans le conduit permettait de ne jamais atteindre le point de rosé.

Ils ont été réalisés entre 1962 et 1966 pour raccorder des appareils étanches particuliers dans environ 5 000 logements. Ils ont été rapidement abandonnés car ils sont difficiles à mettre au point.

©

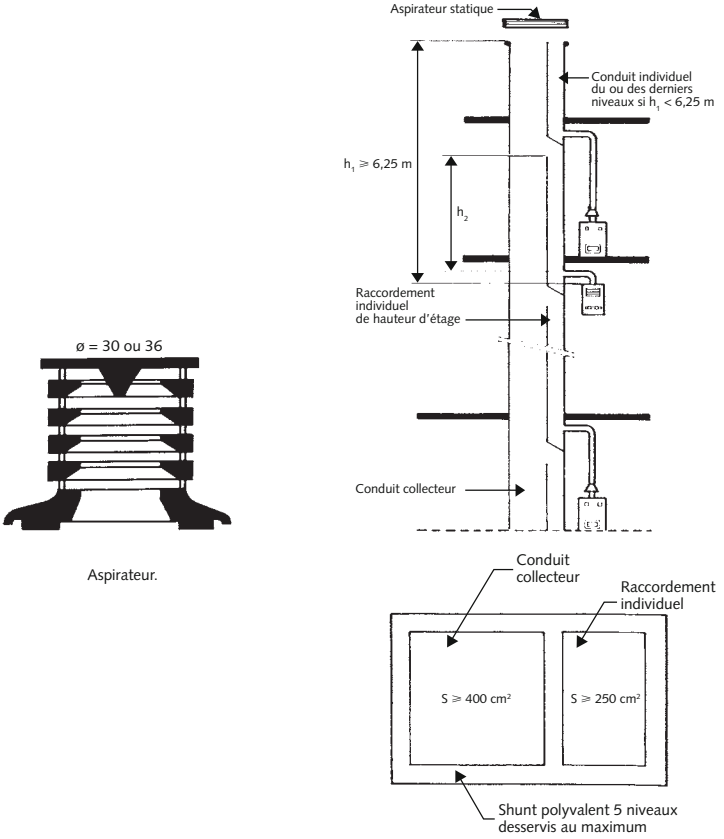
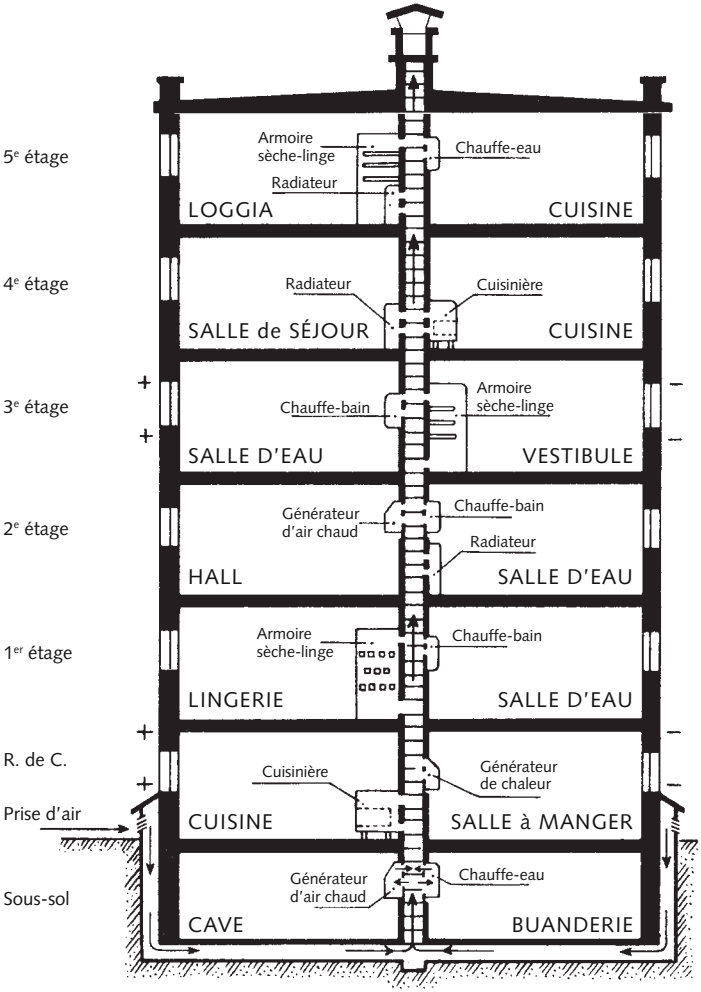


Figure 16.17 – Conduit shunt



Les signes + indiquent que cette façade est en pression, les signes – que celle-ci est en dépression

Figure 16.18 – Se-Duct

©

Dans les conduits U-Duct, la prise d'air s'effectue en toiture par un conduit situé en position centrale (à côté du conduit d'évacuation).

10.7 Alvéoles techniques gaz

Les appareils sont dans un local dédié (souvent dans la cage d'escalier) et raccordés sur un conduit commun. L'air neuf arrive par un conduit séparé. Réalisés dans les années 1970-1980, il existe environ 50 000 appareils raccordés.

10.8 VMC gaz

Environ 780 000 appareils sont raccordés à une VMC gaz en France. L'appareil est raccordé à la VMC de l'habitation. Un dispositif de sécurité interdit son fonctionnement en cas de panne de l'extracteur. Le coupe-tirage des appareils de type B1 sert souvent de ventilation de la pièce où ils sont installés. Une bouche spéciale BAZ permet le renouvellement d'air, elle s'ouvre sous l'effet de la chaleur pour laisser passer les fumées grâce à un bilame sensible à la chaleur (débit d'évacuation = 4,3 × Puissance utile).

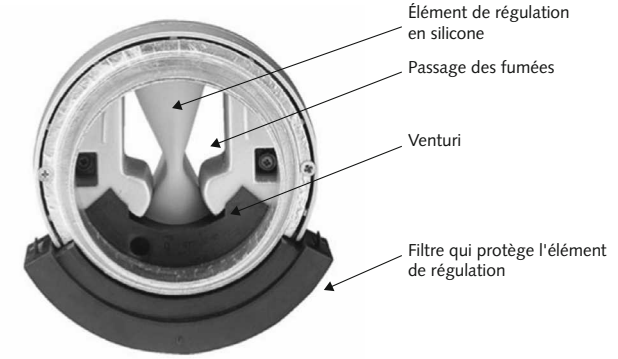


Figure 6.19 – Bouche BAZ ALDES

10.9 Ventouses

Les appareils étanches (de type C) évacuent leurs fumées par un conduit individuel concentrique. Des règles de pose spécifiques s'appliquent (passage de la ventouse, sortie en toiture ou en façade...).

L'appareil étant étanche, les ventilations ne sont pas obligatoires.

Un ventilateur situé en amont ou en aval du foyer permet d'évacuer les produits de combustion. Pour les appareils comme les radiateurs gaz, il peut ne pas y avoir de ventilateur (voir paragraphe 3.3).

10.10 Conduits 3CE

Ce sont des conduits verticaux spécifiques aux chaudières étanches comprenant 2 tubes concentriques, l'un pour l'évacuation des produits de combustion, l'autre pour l'amenée d'air. Les appareils pouvant être raccordés à un conduit 3CE sont de type C42 ou C43CE.

Lorsque le tirage est incertain ou dans les régions fortement ventées, on installera à l'extrémité du conduit de fumée un **extracteur statique** ou **statomécanique** qui permettra de créer une dépression en fonction de la vitesse du vent, d'empêcher les inversions de flux dans les conduits et d'augmenter le tirage.

À l'inverse, pour les appareils qui ne sont pas équipés de coupe-tirage, on pourra installer un stabilisateur ou modérateur de tirage lorsque le tirage est trop important. Il se place sur le conduit de raccordement et permet de limiter la dépression dans le foyer de la chaudière (chaudière au sol).

À retenir

Pour les chaudières à tirage naturel, le tirage doit être compris entre –3 et –20 Pa.

10.11 Dimensionnement d'un conduit de fumée

Les sections des conduits d'évacuation des gaz brûlés se déterminent en fonction de la configuration du conduit de raccordement, du rendement utile de l'appareil, du mode d'évacuation des produits de combustion.

©

Remarque

Le diamètre du conduit de raccordement devra être supérieur ou égal à celui de la buse de l'appareil.
La longueur du conduit de raccordement (projection horizontale) ne doit jamais être supérieure à la hauteur du conduit d'évacuation des gaz brûlés ; dans tous les cas, il doit être inférieur à 3 m.

Le dimensionnement des conduits d'évacuation des gaz brûlés ne concerne que les appareils de type B. Les règles de dimensionnement sont précisées dans la partie 7 du DTU 61.1.

Les types I, II, III et IV caractérisent le conduit de raccordement d'un seul appareil et le conduit de fumée individuel à tirage naturel.

Les classes de rendement n° I, II ou III caractérisent les performances de l'appareil pour une température d'eau moyenne de 70 °C :

- Les chaudières « standard » de **rendement de classe n° I** (ancienne catégorie A) ne sont plus commercialisées depuis le 1er janvier 1998 mais on commercialise toujours des **chauffe-bains**, **inserts** ou **radiateurs gaz** ayant ces caractéristiques.
- Les chaudières « standard » de **rendement de classe n° II** (ancienne catégorie B : rendement < 87,5 + 1,5 log Pn – **chaudière haut rendement**) correspondent aux chaudières commercialisées depuis 1998.
- Les chaudières de **rendement de classe n° III** (ancienne catégorie B : rendement ≥ 87,5 + 1,5 log Pn – chaudière haut rendement et catégorie C – chaudières à condensation) correspondent aux **chaudières basses températures** et aux **chaudières à condensation** commercialisée depuis 1998.

Aujourd'hui les rendements sont évalués à 30 % et à 100 % de la puissance de l'appareil.

Les nouvelles exigences pour les chaudières, à compter de septembre 2018, rendent les conduits individuels à tirage naturel inutiles pour les chaudières individuelles car ils ne sont pas tous adaptés pour l'évacuation des produits de combustion des chaudières condensation ou bas NOX et ne peuvent pas toujours être mis sous pression (B22 ou B23). Une étude s'imposera. Mais ces contraintes ne s'appliquent pas à tous les appareils (production d'eau chaude seule, chaudière bois ou pellets…).

■ Conduit individuel à tirage naturel

On pourra, à partir des abaques contenus dans le DTU 61.1 – partie 7 – janvier 2010, dimensionner les conduits de fumées pour les appareils de type B 11, B 22 et B 23 d'une puissance calorifique inférieure ou égale à 85 kW (puissance utile ≤ 70 kW).

- Sur un **conduit existant**, en fonction de la classe de rendement de l'appareil, du type de raccordement (I, II, III ou IV) et des caractéristiques du conduit de fumées (type, diamètre, hauteur et isolation), on pourra déterminer la **puissance minimale** et la **puissance maximale** que l'on peut raccorder sur le conduit.
- Sur une **installation neuve**, à partir de la classe de rendement de l'appareil, de sa puissance nominale, du type de raccordement (I, II, III ou IV) et des caractéristiques du conduit de fumées (type, diamètre, hauteur et isolation), on pourra déterminer le **diamètre** du conduit de fumées.

Dans tous les cas, le conduit de fumées devra être adapté au combustible, ils sont classés en fonction de leur résistance à la **température** (T080 à T600 pour des températures allant de 80 à 600 °C), de leurs comportement à la **pression** (N1 – N2 pour les conduits en légère dépression, P1 – P2 pour les conduits en légère surpression, H1 – H2 pour les conduits en forte pression positive), de leurs comportement à la **corrosion** (classe 1 : gaz et fiouls ayant une teneur en souffre < 50 mg/m³, classe 2 : gaz, fiouls ayant une teneur en souffre < 0,2 % en masse, bois à foyer ouvert) et classe 3 : gaz, fiouls, bois pour foyer ouvert ou fermé, charbon et tourbe), de la résistance au feu (G (ou S) = résistant au feu, O non résistant). Les conduits sont aussi caractérisés par leurs résistance thermique, leurs pertes de charge, leurs résistance au feu (durée), leurs résistance au gel (pour les conduits extérieurs).

Les conduits D sont des conduits fonctionnant en mode sec (pas de condensation dans le conduit de fumées), les conduits W sont des conduits pouvant fonctionner en mode humide (condensation).

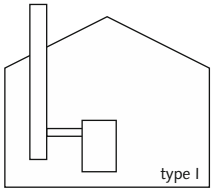
Si la puissance minimum de l'appareil descend en dessous de la valeur de la puissance minimum en mode sec, il faudra choisir un conduit pouvant fonctionner en mode humide. Au dessus de la puissance maximum il y a risque de gel des condensats car le débit des fumées est trop important.

©

Les tableaux sont donnés pour les différents types de raccordements détaillés ci-dessous :

☐ **Installation de type I :**

- conduit de raccordement rectiligne
- conduit de fumée rectiligne

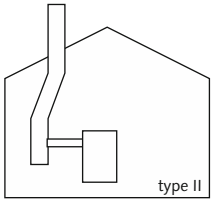


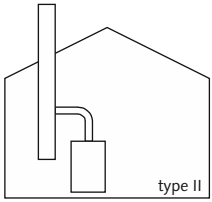
☐ **Installation de type II :**

- conduit de raccordement rectiligne
- dévoiement sur le conduit de fumée

ou

- conduits de raccordement comportant 1 coude à 90° ou 2 coudes à 45°
- conduits de fumée rectiligne



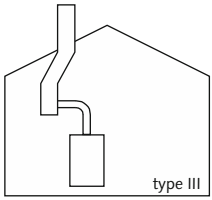


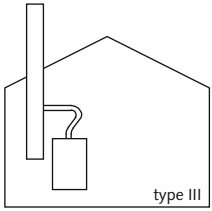
☐ **Installation de type III :**

- conduits de raccordement comportant 1 coude à 90° ou 2 coudes à 45°
- dévoiement sur le conduit de fumée

ou

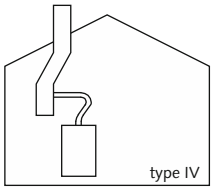
- conduits de raccordement comportant 2 coudes à 90° ou 1 coude à 90° et 2 coudes à 45°
- conduits de fumée rectiligne





☐ **Installation de type IV :**

- conduits de raccordement comportant 2 coudes à 90° ou 1 coude à 90° et 2 coudes à 45°
- dévoiement sur le conduit de fumée



Voici quelques **exemples** de dimensionnement extraits des abaques du DTU 61.1 P7, pour toute recherche qui ne se trouverait pas dans ces tableaux, on se reportera au DTU.

■ Conduit métallique non isolé

Tableau 16.13 – Appareils B 11 standard – installation de type I ou II – Conduit métallique non isolé – conduit 2,5 à 10 m

Appareils de type B. 11 standard (classe de rendement n° II)										
Installation de type I ou II conduit de raccordement ≤ 1 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m										
Conduit métallique non isolé										
Longueur du conduit de fumée	Diamètre 125		Diamètre 139		Diamètre 153		Diamètre 167		Diamètre 180	
	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide
2,5	12,5	7	15	10	18	15	23	15	23	15
3	15	7,5	17,5	10,5	25	16	31	16	35	16
4	19	9,5	25,5	12	35	17	44	17	51	17
5	23	10,5	31	13	42	18	50	18	59	18
6	26	11,5	35	14	46	20	54	20	63	20
7	28	12	38	15	49	21	58	21	65	21
8	30	13	41	16	51	22	61	22	67	22
9	31	14	42	16,5	53	23	63	23	68	23
10	32	15	43,5	17	54	24	65	24	70	24
Valeurs extraites des figures B 4 et B 5 du DTU 61.1 P7										

©

Exemple

Si on souhaite raccorder une chaudière, classe de rendement II, puissance nominale 28 kW sur un conduit métallique non isolé d'une longueur de 5 m, installation de type II, on effectuera la détermination du diamètre sur le tableau suivant :
Conduit métallique non isolé de 5 m : puissance maxi 31 kW pour un diamètre de 139, la chaudière devra avoir une puissance mini supérieure à 13 kW (Tableau 16.3).
Si la puissance mini est plus faible (8 kW par exemple), il faudra par exemple choisir un conduit métallique isolé de diamètre 139 qui acceptera une puissance mini 5,5 kW de et un puissance maxi de 35 kW (Tableau 16.18).

Tableau 16.14 – Appareils B 11 standard – installation de type I à IV – Conduit métallique non isolé

Appareils de type B. 11 standard (classe de rendement n° II)								
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m								
Conduit métallique non isolé								
Longueur du conduit de fumée	Diamètre 139		Diamètre 153		Diamètre 167		Diamètre 180	
	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide
10	31,5	19	43	22	52	25	59	27
12	33	21,5	46	24	55	27	64	30
14	34	23,5	48	26	58	29	67	32
16	35	25	48	28	59,5	31	69	34
18	35,5	27	49	30	60,5	33	70	37
20	35,5	29	50	32	62	36	70	39
22	35,5	30,5	50	34	62	38	70	41
24	35,5	32	50	36	62,5	40	70	44
26	35	33,5	50	38	62,5	42	70	46
28			49,5	39,5	62,5	44	70	48
30			49,5	40,5	62,5	46	70	50
Valeurs extraites des figures B 24 et B 25 du DTU 61.1 P7								

Tableau 16.15 – Appareils B11 – basse température – installation de type I ou II – Conduit métallique non isolé

Appareils de type B. 11 basse température (classe de rendement n° III)										
Installation de type I ou II conduit de raccordement ≤ 1 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m										
Conduit métallique non isolé										
Longueur du conduit de fumée	Diamètre 125		Diamètre 139		Diamètre 153		Diamètre 167		Diamètre 180	
	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide
3,5	13	12,5	15	15	20,5		26	20	34	22
4	15	13	18	15,5	26	18	33	20,5	40	23
5	18	14,5	25	16,5	33	19	43	22	50	25
6	20,5	15,5	29	18	39	20	48	23	55	26
7	23	16	32	19	43	22	52	24	59	28
8	24,5	17	33,5	19,5	46	23	54	26	62	29
9	26	18	35	21	47	24	56	27	65	30
10	26,5	19	36	22	48	25	58	28	67	30,5
Valeurs extraites des figures B 14 et B 15 du DTU 61.1 P7										

Tableau 16.16 – Appareils B11 – basse température – installation de type I à IV – Conduit métallique non isolé

Appareils de type B. 11 basse température (classe de rendement n° III)				
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m				
Conduit métallique non isolé				
Longueur du conduit de fumée	Diamètre 167		Diamètre 180	
	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide
10	44	32	52	34
12	48	33	55	37
14	50	35	58	39
16	52	38	60,5	42
18	53	40,5	62	45
20	53	43	63	47
22	54	45	64	49
24	54	47	65	52
26	54	49	65	54
28	54	50,5	66	56
30	54	53	66	59
Valeurs extraites de la figure B 34 du DTU 61.1 P7				

©

Tableau 16.17 – Appareils B 22 ou B 23 – basse température – installation de type I à IV – Conduit métallique non isolé

Appareils de type B 22 – B 23 basse température (classe de rendement n° III)										
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m										
Conduit métallique non isolé										
Longueur du conduit de fumée	Diamètre 125		Diamètre 139		Diamètre 153		Diamètre 167		Diamètre 180	
	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide
3			30	30	42	32	48	37	53	42
4	28	26	40	30	48	35	57	40	36	44
6	35	30	48	34	58	39	68	44	70	49
8	40	32	52	38	65	43	70	49	70	54
10	42	36	55	41	70	47	70	53	70	59
12	43	39	57	45	70	51	70	57	70	63
14	43	42	58	48	70	55	70	61	70	68
16			58	52	70	58	70	65		
18			58	55	70	62	70	70		
20							70	70		
Valeurs extraites des figures B 43 et B 44 du DTU 61.1 P7										

■ Conduit métallique isolé R ≥ 0,4 m²·K/W

Tableau 16.18 – Appareils B 11 – standard – installation de type I ou II – Conduit métallique isolé R ≥ 0,4 m²·K/W

Appareils de type B. 11 standard (classe de rendement n° II)																			
Installation de type I ou II conduit de raccordement ≤ 1 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m																			
Conduit métallique isolé R ≥ 0,4 m²·K/W																			
Longueur du conduit de fumée	Diamètre 125			Diamètre 139			Diamètre 153			Diamètre 167			Diamètre 180						
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide				
2	11	3	2	12	3	2	13	4	2	15	4	2	16	4	2				
3	17	4	1,5	23	4	1,5	28	5	2	34	5	2	42	5	2				
4	22	5	1	29	5	1	38	6	2	46	6	2	54	6	2				
5	26,5	5,5	2	35	5,5	2	45	8	2	54	8	2	60	8	2				
6	30	6	2	39,5	6	2	50	8	2	58	8	2	65	8	2				
7	32	7	2	43	7	2	53	9	2	62	9	2	68	9	2				
8	34	8	2	45	8	2	55	11	2,5	65	11	2,5	70	11	2,5				
9	34,5	8,5	2	46,5	8,5	2	57	12	2,5	67	12	2,5	70	12	2,5				
10	35,5	9	2	48	9	2	59	12	2,5	68	12	2,5	70	12	2,5				
Valeurs extraites des figures B 6 et B 7 du DTU 61.1 P7																			

©

Tableau 16.19 – Appareils B 11 – standard – installation de type I à IV – Conduit métallique isolé R ≥ 0,4 m²·K/W

Appareils de type B. 11 standard (classe de rendement n° II)																	
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m																	
Conduit métallique isolé R ≥ 0,4 m²·K/W																	
Longueur du conduit de fumée	Diamètre 125			Diamètre 139			Diamètre 153			Diamètre 167			Diamètre 180				
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide
10	27	12	2,5	38	12	2,5	48	16	4	58	16	4	66	16	4
12	30	13	3	42	13	3	52	17	4	62	17	4	70	17	4
14	32	14	3	44	14	3	55	18	4	66	18	4	70	18	4
16	33	16	3	46	16	3	57	20	4	68	20	4	70	20	4
18	34	17	3,5	47	17	3,5	58	22	4	70	22	4	70	22	4
20	34	18,5	3,5	47,5	18,5	3,5	60	24	5	70	24	5	70	24	5
22	34,5	20	4	48	20	4	61	26	5	70	26	5	70	26	5
24	35	21	4	48,5	21	4	62	28	5	70	28	5	70	28	5
26	35	22,5	4	49	22,5	4	63	29	6	70	29	6	70	29	6
28	35,5	24	4	49,5	24	4	64	31	6	70	31	6	70	31	6
30	36	25,5	4,5	50	25,5	4,5	64	33	6	70	33	6	70	33	6
Valeurs extraites des figures B 26 et B 27 du DTU 61.1 P7																	

Tableau 16.20 – Appareils B 11 – basse température – installation de type I ou II – Conduit métallique isolé R ≥ 0,4 m²·K/W

Appareils de type B. 11 basse température (classe de rendement n° III)																		
Installation de type I ou II conduit de raccordement ≤ 1 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m																		
Conduit métallique isolé R ≥ 0,4 m²·K/W																		
Longueur du conduit de fumée	Diamètre 125			Diamètre 139			Diamètre 153			Diamètre 167			Diamètre 180					
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide			
2	8	5	5	8	5	5	8	8	5	8	8	5	8	8	5			
3	13	7	2	16,5	7	2	20	11	2	26	11	2	30	11	2			
4	18	8	2	24	8	2	30	13	2	38	13	2	45	13	2			
5	22	9	2	30	9	2	38	14	2	47	14	2	55	14	2			
6	26	10	2	34	10	2	44	14	2	53	14	2	61	14	2			
7	28	11	2	38	11	2	48	15	2	57	15	2	65	15	2			
8	31	11,5	2	41	11,5	2	52	16	2,5	61	16	2,5	68	16	2,5			
9	34	12,5	2,5	42,5	12,5	2,5	54	18	2,5	63	18	2,5	69	18	2,5			
10	35	13,5	2,5	44	13,5	2,5	55	19	2,5	65	19	2,5	70	19	2,5			
Valeurs extraites des figures B 16 et B 17 du DTU 61.1 P7																		

©

Tableau 16.21 – Appareils B 11 – basse température – installation de type I à IV – Conduit métallique isolé R ≥ 0,4 m²·K/W

Appareils de type B. 11 basse température (classe de rendement n° III)																	
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m																	
Conduit métallique isolé R ≥ 0,4 m²·K/W																	
Longueur du conduit de fumée	Diamètre 125			Diamètre 139			Diamètre 153			Diamètre 167			Diamètre 180				
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide		
10	22	16	4	33	18	4	44	23	4	52	23	4	59	23	4		
12	25	17	4	35,5	19	4	47	25	4	56	25	4	65	25	4		
14	27	19	4	38,5	21	4	50	27	4	60	27	4	68	27	4		
16	29	20,5	4	41	23	4	52	30	4	62	30	4	70	30	4		
18	30	22	4	42	25	4	53	32	4,5	65	32	4,5	70	32	4,5		
20	31	24	4	43	26,5	4	54	35	4,5	66	35	4,5	70	35	4,5		
22	31	25,5	4	44	27,5	4	55	37	4,5	68	37	4,5	70	37	4,5		
24	31	27	4	44	30	4	56	39	5	69	39	5	70	39	5		
26	31	29	4	44	32	4	57	42	6	70	42	6	70	42	6		
28	30,5	30,5	4	44,5	34,5	4	57	44	6	70	44	6	70	44	6		
30				45	36	4	58	46	6	70	46	6	70	46	6		
Valeurs extraites des figures B 35 et B 36 du DTU 61.1 P7																	

Tableau 16.22 – Appareils B 22 – B 23 – basse température – installation de type I à IV – Conduit métallique isolé R ≥ 0,4 m²·K/W

Appareils de type B 22 – B 23 basse température (classe de rendement n° III)																			
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m																			
Conduit métallique isolé R ≥ 0,4 m²·K/W																			
Longueur du conduit de fumée	Diamètre 125			Diamètre 139			Diamètre 153			Diamètre 167			Diamètre 180						
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide				
3	28	22	6	36	26	6	47	36	7	54	36	7	60	36	7				
4	34	25	5	44	28	5	55	39	5	64	39	5	70	39	5				
6	42	28	4	55	32	4	66	44	6	70	44	6	70	44	6				
8	48	32	4	62	36	4	70	49	6	70	49	6	70	49	6				
10	52	36	5	66	40	5	70	54	6	70	54	6	70	54	6				
12	54	40	6	68	44	6	70	60	7	70	60	7	70	60	7				
14	55	44	6	69	48	6	70	65	8	70	65	8	70	65	8				
16	56	48	6	70	53	6	70		8	70		8	70		8				
18	56	52	6	70	57	6	70		9	70		9	70		9				
20	56	56	6	70	62	6	70		9	70		9	70		9				
25	54		7	70		7	70		10	70		10	70		10				
Valeurs extraites des figures B 45 et B 46 du DTU 61.1 P7																			

©

Tableau 16.23 – Appareils B 22 – B 23 – condensation – installation de type I à IV – Conduit métallique isolé R ≥ 0,4 m²·K/W

Appareils de type B 22 – B 23 condensation (classe de rendement n° III)										
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m										
Conduit métallique isolé										
Longueur du conduit de fumée	Diamètre 125		Diamètre 139		Diamètre 153		Diamètre 167		Diamètre 180	
	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide
3	14		24		26	12	32	12	46	12
4	22	10	33	10	38	9	50	9	58	9
6	34	7	46	7	60	8	66	8	70	8
8	40	6	53	6	64	8	70	8	70	8
10	43	6	57	6	68	9	70	9	70	9
12	47	7	60	7	70	10	70	10	70	10
14	48	8	62	8	70	11	70	11	70	11
16	48	8	63	8	70	11	70	11	70	11
18	48	8	64	8	70	12	70	12	70	12
20	48	9	65	9	70	12	70	12	70	12
25	48	9	65	9	70	13	70	13	70	13
Valeurs extraites des figures B 53 et B 54 du DTU 61.1 P7										

■ Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 m²·K/W

Tableau 16.24 – Appareils B 11 – standard – installation de type I ou II – Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 m²·K/W

Appareils de type B 11 Standard (classe de rendement n° II)									
Installation de type I à II conduit de raccordement ≤ 1 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m									
Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 m²·K/W									
Longueur du conduit de fumée	160 × 160			200 × 200			250 × 250		
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide
2	10		3	20		3	42		4
3	28	18	4	45	26	4	57	36	5
4	39	21	5	59	28	5	70	39	6
5	45	22	6	66	31	6	70	42	8
6	49	24	7	68	32	7	70	45	9
7	52	26	8	69	34	8	70	48	10
8	54	28	8	69	37	8	70	51	11
9	55	30	9	69	40	9	70	53	12
10	56	32	10	69	42	10	70	56	13
Valeurs extraites des figures B 8 et B 9 du DTU 61.1 P7									

©

Tableau 16.25 – Appareils B 11 – standard – installation de type I à IV – Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 m²·K/W

Appareils de type B 11 Standard (classe de rendement n° II)									
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m									
Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 m²·K/W									
Longueur du conduit de fumée	160 × 160			200 × 200			250 × 250		
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide
10	47	38	12	70	48	12	70	63	16
12	50	42	13	70	54	13	70	70	17
14	52	46	14	70	58	14	70		18
16	52	52	15	70	64	15	70		20
18	52		16	70	70	16	70		21
20	52		18	70		18	70		22
22	52		19	70		19	70		24
24	52		20	70		20	70		25
26	52		21	70		21	70		26
28	52		22	70		22	70		28
30	52		23	70		23	70		29
Valeurs extraites des figures B 28 et B 29 du DTU 61.1 P7									

Tableau 16.26 – Appareils B 11 – basse température – installation de type II ou II – Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 m²·K/W

Appareils de type B 11 basse température (classe de rendement n° III)								
Installation de type I ou II conduit de raccordement ≤ 1 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m								
Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 m²·K/W								
Longueur du conduit de fumée	160 × 160			200 × 200			250 × 250	
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide
2,5	10		5	22		5	24	7
3	16		6	34		6	40	8
4	28		7	51	44	7	61	10
5	37	34	8	60	48	8	69	12
6	43	37	9	65	51	9	70	13
7	47	40	11	68	54	11	70	14
8	50	43	12	69	58	12	70	16
9	51	46	13	70	61	13	70	17
10	52	48	13	70	64	13	70	18
Valeurs extraites des figures B 18 et B 19 du DTU 61.1 P7								

©

Tableau 16.27 – Appareils B 11 – basse température – installation de type I à IV – Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 m²·K/W

Appareils de type B 11 basse température (classe de rendement n° III)						
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m						
Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 m²·K/W						
Longueur du conduit de fumée	160 × 160		200 × 200		250 × 250	
	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide
10	35	15	60	15	70	20
12	40	16	65	16	70	21
14	42	18	68	18	70	22
16	43	19	70	19	70	24
18	44	20	70	20	70	26
20	44	21	70	21	70	27
22	44	22	70	22	70	29
24	44	23	70	23	70	30
26	44	24	70	24	70	32
28	43	25	70	25	70	33
30	42	26	70	26	70	34
Valeurs extraites des figures B 37 et B 38 du DTU 61.1 P7						

Tableau 16.28 – Appareils B 22 – B 23 – basse température – installation de type I à IV – Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 m²·K/W

Appareils de type B 22 – B 23 basse température (classe de rendement n° III)						
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m						
Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 m²·K/W						
Longueur du conduit de fumée	160 × 160		200 × 200		250 × 250	
	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide
3	44	14	60	14	70	20
4	52	17	70	17	70	24
5	57	20	70	20	70	27
6	62	22	70	22	70	29
8	67	23	70	23	70	31
10	70	26	70	26	70	34
15	70	31	70	31	70	40
20	70	36	70	36	70	46
25	70	41	70	41	70	53
30	70	45	70	45	70	58
Valeurs extraites des figures B 47 et B 48 du DTU 61.1 P7						

©

Tableau 16.29 – Appareils B 22 – B 23 – condensation – installation de type I à IV – Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 m²·K/W

Appareils de type B 22 – B 23 Condensation (classe de rendement n° III)						
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m						
Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 m²·K/W						
Longueur du conduit de fumée	160 × 160		200 × 200		250 × 250	
	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide
3			48		60	40
4	44	31	62	31	70	42
5	50	32	70	32	70	44
6	54	34	70	34	70	46
8	62	36	70	36	70	50
10	65	39	70	39	70	53
15	70	46	70	46	70	61
20	70	52	70	52	70	68
25	70	57	70	57		
30	70	61	70	61		
Valeurs extraites des figures B 55 et B 56 du DTU 61.1 P7						

C'est ce type de tableau que l'on utilisera pour les nouvelles installations.

■ Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 m²·K/W

Tableau 16.30 – Appareils B 11 – standard – installation de type I ou II – Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 m²·K/W

Appareils de type B 11 Standardrature (classe de rendement n° II)									
Installation de type I ou II conduit de raccordement ≤ 1 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m									
Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 m²·K/W									
Longueur du conduit de fumée	160 × 160			200 × 200			250 × 250		
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide
2	13	5	2	20	5	2	42	6	2
3	29	6	2	46	6	2	60	8	2
4	40	7	2	60	7	2	68	10	2
5	46	9	2	67	9	2	70	12	3
6	51	10	2,5	70	10	2,5	70	14	3
7	54	11	2,5	70	11	2,5	70	15	3
8	56	12	2,5	70	12	2,5	70	17	4
9	58	14	2,5	70	14	2,5	70	18	4
10	59	14	2,5	70	14	2,5	70	19	4
Valeurs extraites des figures B 10 et B 11 du DTU 61.1 P7									

©

Tableau 16.31 – Appareils B 11 – standard – installation de type I à IV – Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 m²·K/W

Appareils de type B 11 Standard (classe de rendement n° II)									
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m									
Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 m²·K/W									
Longueur du conduit de fumée	160 × 160			200 × 200			250 × 250		
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide
10	50	18	4	70	18	4	70	23	5
12	53	20	4	70	20	4	70	25	5
14	55	22	5	70	22	5	70	28	6
16	58	23	5	70	23	5	70	30	6
18	59	26	6	70	26	6	70	32	6
20	60	28	6	70	28	6	70	34	7
22	61	30	6	70	30	6	70	37	8
24	62	32	6	70	32	6	70	40	8
26	62	34	7	70	34	7	70	42	8
28	62	36	7	70	36	7	70	44	9
30	63	38	7	70	38	7	70	47	9
Valeurs extraites des figures B 30 et B 31du DTU 61.1 P7									

Tableau 16.32 – Appareils B 11 – basse température – installation de type I ou II – Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 m²·K/W

Appareils de type B 11 basse température (classe de rendement n° III)									
Installation de type I ou II conduit de raccordement ≤ 1 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m									
Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 m²·K/W									
Longueur du conduit de fumée	160 × 160			200 × 200			250 × 250		
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide
2	8	8	5	8	8	5	15		5
3	21	13	2	35	13	2	48	20	3
4	32	15	2	52	15	2	65	21	3
5	40	16	2	62	16	2	70	22	3
6	46	17	2	67	17	2	70	23	4
7	50	18	2	69	18	2	70	25	4
8	52	19	2	70	19	2	70	26	4
9	54	21	2	70	21	2	70	28	4
10	56	21	2	70	21	2	70	29	4
Valeurs extraites des figures B 20 et B 21du DTU 61.1 P7									

©

Tableau 16.33 – Appareils B 11 – basse température – installation de type I à IV – Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 m²·K/W

Appareils de type B 11 basse température (classe de rendement n° III)									
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m									
Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 m²·K/W									
Longueur du conduit de fumée	160 × 160			200 × 200			250 × 250		
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide
10	45	21	5	68	27	5	70	35	6
12	48	23	5	70	29	5	70	28	6
14	50	25	5	70	32	5	70	42	6
16	52	27	5	70	35	5	70	45	7
18	53	30	6	70	37	6	70	48	7
20	55	32	6	70	40	6	70	51	8
22	55	34	6	70	43	6	70	54	8
24	56	36	6	70	46	6	70	58	9
26	56	38	7	70	48	7	70	62	9
28	57	42	7	70	51	7	70	65	10
30	57	43	8	70	54	8	70	68	10
Valeurs extraites des figures B 39 et B 40 du DTU 61.1 P7									

Tableau 16.34 – Appareils B 22 – B 23 – basse température – installation de type I à IV – Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 m²·K/W

Appareils de type B 22 – B 23 basse température (classe de rendement n° III)									
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m									
Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 m²·K/W									
Longueur du conduit de fumée	160 × 160			200 × 200			250 × 250		
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide
3	50	30	7	67	40	7	70	56	7
4	58	33	6	70	44	6	70	60	6
5	64	36	5	70	46	5	70	64	7
6	69	38	6	70	50	6	70	67	7
8	70	42	7	70	56	7	70		8
10	70	48	8	70	62	8	70		9
12	70	54	8	70	69	8	70		10
14	70	58	9	70		9	70		11
16	70	63	9	70		9	70		12
18	70	69	10	70		10	70		13
20	70		11	70		11	70		14
Valeurs extraites des figures B 49 et B 50 du DTU 61.1 P7									

©

Tableau 16.35 – **Appareils B 22 – B 23 – Condensation** – installation de type I à IV – Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 m²·K/W

Appareils de type B 22 – B 23 Condensation (classe de rendement n° III)						
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m						
Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 m²·K/W						
Longueur du conduit de fumée	160 × 160		200 × 200		250 × 250	
	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide
3	25	13	50	13	62	13
4	46	10	64	10	70	10
5	53	8	70	8	70	10
6	59	8	70	8	70	11
8	67	10	70	10	70	12
10	70	10	70	10	70	13
12	70	12	70	12	70	15
14	70	12	70	12	70	16
16	70	13	70	13	70	18
18	70	14	70	14	70	19
20	70	14	70	14	70	20
Valeurs extraites des figures B 57 et B 58 du DTU 61.1 P7						

La résistance thermique des matériaux composites se calculent par addition des résistances thermiques des différents matériaux.

Application

Un boisseau de terre cuite à parois alvéolées de section circulaire et d'épaisseur 3,5 cm (R = 0,09 m².K/W) isolé avec 1 cm de laine minérale (R = 0,20 m².K/W) aura une résistance thermique totale de 0,09 + 0,20 = 0,29 m².K/W

Voici quelques valeurs de résistance thermique donnée à titre indicatif :

- 0,12 à 0,15 boisseau en terre cuite alvéolée 5 ou 6 cm section carrée ou rectangulaire
- 0,21 boisseau en terre cuite alvéolée 7,5 cm section carrée ou rectangulaire
- 0,12 boisseaux en béton alvéolé 5 cm – 20 × 20 × 25
- 0,17 boisseaux en béton alvéolé 7 cm – 20 × 20 × 25
- 0,06 boisseau en béton plein 3 cm – 20 × 20 × 25

Il est possible de calculer la résistance thermique d'un matériau en fonction son épaisseur (e en m) de sa conductivité (λ en W/m.K) à l'aide de la formule :

$$R = \frac{s}{\lambda}$$

Par exemple : pour une épaisseur de 3 cm de laine de roche λ = 0,041 on aura :

$$R = \frac{0{,}03}{0{,}041} = 0{,}731$$

Pour les autres cas de figure, on se reportera au DTU 61.1 et 24.1.

Le DTU 61.1 P7 précise entre autre le dimensionnement des conduits maçonnés tubés, les conditions de raccordement d'un appareil sur un conduit de type shunt (conduit collectif existant à départ individuel de hauteur d'étage à tirage naturel), sur un conduit de type Alsace (conduit collectif existant sans départ individuel à tirage naturel), les conditions de raccordement de deux appareils sur un conduit individuel à tirage naturel et les conditions d'évacuation des appareils situés en alvéole technique gaz. Il précise aussi les conditions d'évacuation des gaz brûlés dans les courettes en U. Le DTU 24.1 défini les travaux de fumisterie.

11 Installation GPL

Pour les installations GPL, il faudra tenir compte du DTU 60.1, de l'arrêté du 30 juillet 1979 modifié (stockage ≤ 6 tonnes) et de l'arrêté du 2 août 1977 modifié.

©

11.1 Bouteille et réservoir

Les bouteilles de butane et de propane sont normalisées. Les bouteilles ou récipient ne doivent pas être soumises à une source de chaleur supérieure à 50 °C.

Lorsqu'on installe deux bouteilles, une en service, l'autre en secours, elles sont raccordées à l'installation par un **coupleur inverseur automatique** qui permet de sélectionner manuellement la bouteille en service et bascule automatiquement sur la bouteille de réserve lorsque la bouteille de service est vide.

Les bouteilles sont raccordées à l'aide de lires souples (ou flexibles de raccordement) conformes à la norme NF M 88-768.

Un limiteur de pression est installé à la sortie de la cuve ou des bouteilles pour limiter la pression à l'intérieur des locaux habités, il doit être conforme à la norme NF EN 16129.

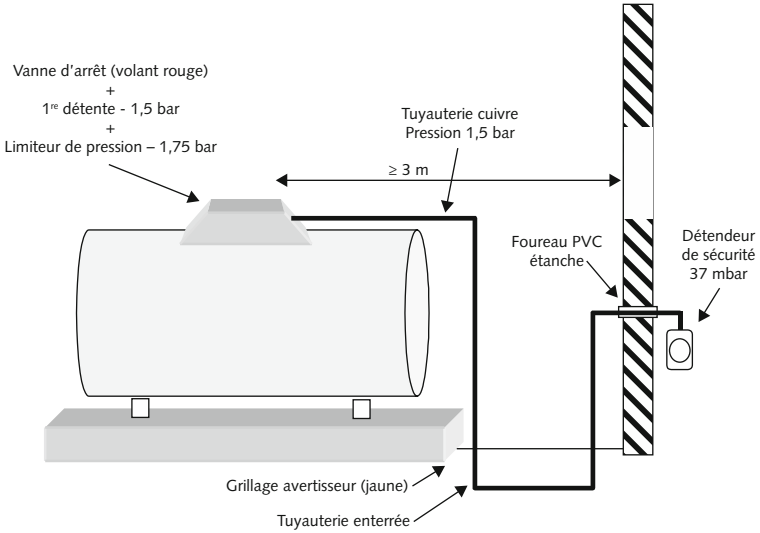
Le détendeur pour les bouteilles de butane doit être conforme à une des normes NF EN 12864, NF EN 16129 ou NF EN 13786 IN1. Les détendeurs de propane pour bouteilles doivent être conformes à la norme NF EN 16129.

11.2 Stockage aérien

Le local où l'espace de stockage doit être largement ventilé, les parties latérales pleines ne doivent pas dépasser 75 % du périmètre total.

Un espace d'au moins 60 cm doit être prévu autour des réservoirs. Lorsqu'il y a plusieurs réservoirs, ils doivent être éloignés d'au moins 20 cm et être raccordés électriquement sur une mise à terre commune.

La soupape de sécurité doit être placée à au moins 3 m d'une bouche d'égout, d'une fenêtre ou d'une ouverture, d'un dépôt de matières combustibles, de la voie publique et de la limite de propriété (stockage inférieur à 3500 kg) (figure 16.20). Cette distance peut être réduite à 1,5 m à condition de placer un mur coupe-feu 2 H (d'une hauteur supérieure de 50 cm) entre l'orifice de la soupape de sécurité et la partie à protéger. Le trajet à parcourir pour atteindre la partie à protéger devra être d'au moins 3 m.



La bouche de remplissage et la soupape de sécurité doivent se trouver à 3 m de :

– une baie vitrée ou une ouverture

– une bouche d'égout non protégée

– un dépôt de combustible

– la limite de propriété ou la voie publique

La distance peut être réduite à 1,5 m si un mur plein incombustible 2 heures dépassant de 50 cm la bouche de remplissage est interposé. Le parcours des vapeurs doit être supérieur à 3 m avant d'atteindre une ouverture.

Figure 16.20 – Installation GPL aérienne

Aucun appareillage électrique ne doit se situer à moins de 3 m de l'orifice des soupapes de remplissage ou de sécurité sans être conforme à une utilisation pour atmosphère explosive.

11.3 Stockage enterré

La circulation sur un stockage enterré est interdite, son emplacement doit être signalé au sol, il doit être recouvert par au moins 20 cm de terre tamisée ou de sable, la hauteur totale du recouvrement doit être d'au moins 30 cm (figure 16.21).

©

Aucune des canalisations ne doit se trouver à moins de 1 m des parois du réservoir

La soupape de sécurité doit être placée à au moins 1,5 m d'une bouche d'égout, d'une fenêtre ou d'une ouverture, d'un dépôt de matières combustibles, de la voie publique et de la limite de propriété (stockage inférieur à 3 500 kg).

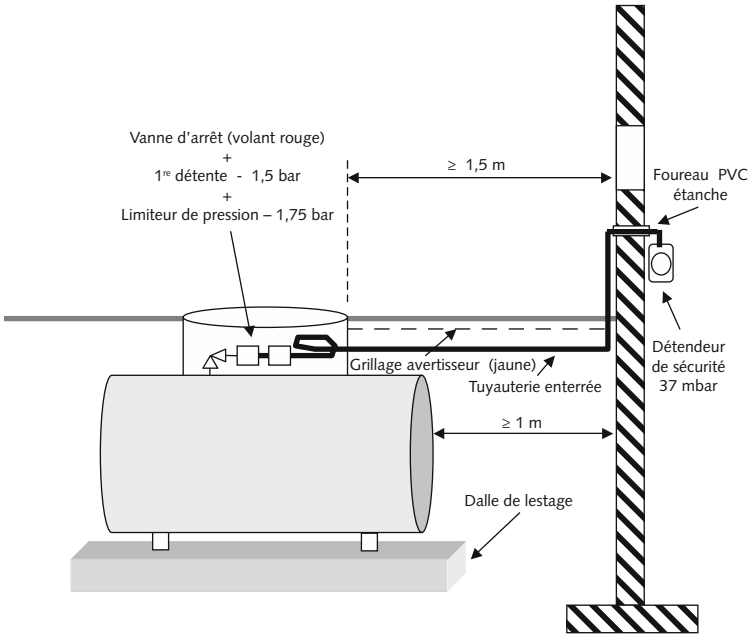


Figure 16.21 – Installation GPL enterrée

La cuve doit être protégée par une protection cathodique.

Aucun appareillage électrique ne doit se situer à moins de 3 m de l'orifice des soupapes de remplissage ou de sécurité sans être conforme à une utilisation pour atmosphère explosive.

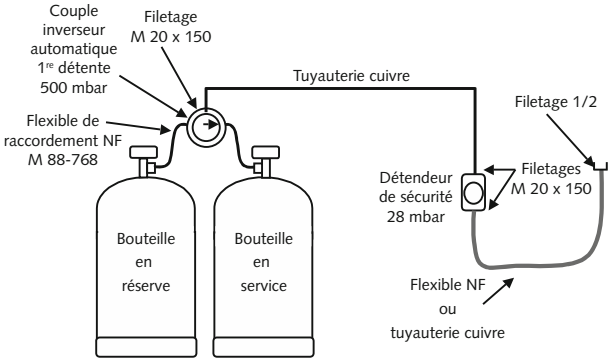
11.4 INSTALLATION DE BOUTEILLES BUTANE

Il est interdit de stocker dans un même local plus d'une bouteille de butane commercial d'une contenance supérieure à 10 l non branchée (arrêté du 2 août 1977 modifié). Le local dans lequel sont installées les bouteilles de butane branchées ou non doit être ventilé par une grille de 50 cm² de section libre en partie basse (donnant sur l'extérieur ou sur une pièce ventilée) et en partie haute (donnant sur l'extérieur).

Il est possible :

- de raccorder directement le détendeur sur la bouteille : la sortie du détendeur est filetée 20 × 150 mâle, la tuyauterie de distribution ou l'appareil sont raccordés à l'aide d'un flexible ou d'un tuyau souple normalisé (figure 16.19) ;
- de raccorder les bouteilles sur un coupleur automatique ou manuel équipée d'une première détente (500 mbar).

Schéma d'installation de bouteilles Butane



L'arrêté du 2 août 1977 interdit de stocker plus d'une bouteille non raccordée (de plus de 10 litres) dans un même local.

Le local contenant les bouteilles (ainsi que le placard ou le meuble dans lequel elles se trouvent) doit être ventilé en partie haute et en partie basse par une ouverture d'au moins 50 cm de section libre.

Figure 16.22 – Installation bouteilles butane

©

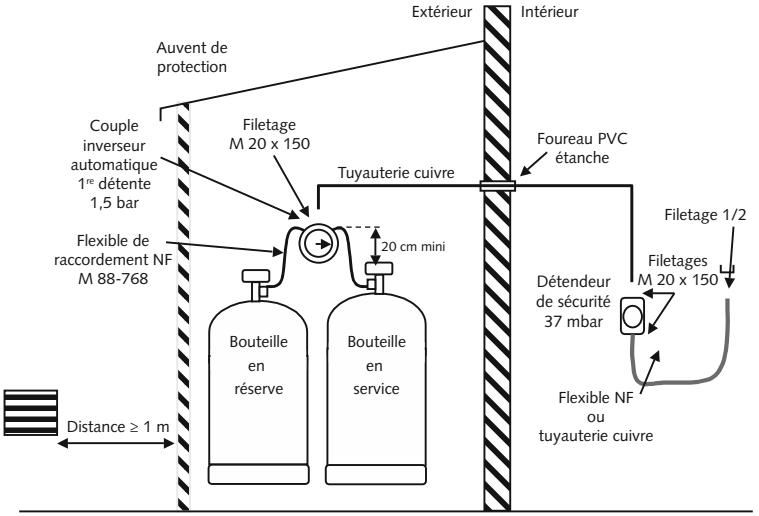
11.5 Installation de bouteilles propane

Les bouteilles de propane commercial d'une contenance supérieure à 6,5 l doivent être stockées à l'extérieur des bâtiments d'habitation (figure 16.23).

L'emplacement des bouteilles de propane doit se situer à au moins 1 m des ouvertures de l'habitation et des bouches d'égout non protégées par un siphon. Un muret d'isolement peut être réalisé lorsque la distance est inférieure à 1 m.

L'abri peut être adossé au bâtiment ou encastré dans celui-ci à condition que les cloisons soient en matériaux incombustibles coupe-feu 1 h, sans communication avec l'espace intérieur. Il doit être fermé sur au moins trois de ses côtés et protégé par une toiture. Lorsqu'une porte donnant sur l'extérieur est installée sur le quatrième côté, une ventilation haute et basse de 200 cm² de section libre donnant sur l'extérieur doit être aménagée.

Schéma d'installation de bouteilles Propane



Si l'abri comporte une porte, une ventilation basse et une ventilation haute de 200 cm doit être aménagée.

Figure 16.23 – Installation bouteilles propane

L'abri n'est destiné qu'aux bouteilles propane et à leurs accessoires, aucune autre installation ne doit être prévue (compteurs d'eau, vannes, installation électrique, etc.). Si une canalisation doit traverser cet abri, elle doit être en tubes acier ou placés sous un fourreau en acier.

Il est possible :

- de raccorder directement le détendeur sur la bouteille : la sortie du détendeur est filetée 20 × 150 mâle, la tuyauterie de distribution ou l'appareil sont raccordés à l'aide d'un flexible ou d'un tuyau souple normalisé ;
- de raccorder les bouteilles sur un coupleur automatique ou manuel équipée d'une première détente (1,5 bar).

Les organes de coupure et robinet de commandes d'appareils pour les GPL distribués par récipient doivent être conforme à l'une des normes suivantes : XP M 88-771, NF EN 331 et NF E29-135, NF E29-141.

11.6 Détendeur déclencheur de sécurité – DDS

Le détendeur déclencheur de sécurité permet d'abaisser la pression, de couper automatiquement le gaz lorsqu'il y a en amont ou en aval une chute de pression ou une surpression, ou un débit trop important. Il est équipé d'une commande manuelle et peut servir de robinet de commande d'appareil. Il faudra faire attention à la compatibilité du filetage du DDS avec les raccords employés.

© **Figure 16.24 –** Détendeur propane Briffault et DDS propane Briffault

11.7 Pression de service dans les installations

Les installations butane peuvent être équipées d'une détente à un étage réglée à 28/30 mbar ou d'une détente à deux étages : première détente réglée à une pression inférieure à 500 mbar, deuxième détente réglée à 28/30 mbar ou 112 mbar disposées à proximité de l'appareil d'utilisation.

Des installations propane doivent être équipées d'une détente à deux étages : première détente à la sortie du stockage réglé à 1,5 bar + limiteur de pression réglé à 1,75 bar, deuxième détente réglée à la pression d'utilisation.

Toute opération de transvasement non réalisée par le distributeur est interdite (arrêté du 2 août 1977 modifié).

12 Chaufferies gaz

Une **chaufferie gaz** est un local qui contient un ou plusieurs générateurs gaz d'une puissance totale > 85 kW destinés à assurer la production d'eau chaude sanitaire et/ou le chauffage d'une partie ou de l'ensemble d'une habitation collective (et de ses dépendances).

Une **mini-chaufferie gaz** est un local ou placard qui contient un ou plusieurs générateurs gaz d'une puissance totale inférieure ou égale à 85 kW destinés à assurer la production d'eau chaude sanitaire et/ou le chauffage d'une partie ou de l'ensemble d'une habitation collective (et de ses dépendances).

Cette partie est trop importante pour être traitée dans cet ouvrage, il faudra donc se reporter aux DTU.

13 Certificat de conformité

Les certificats de conformité délivrés conformément à l'arrêté du 2 août 1977 modifié doivent être établis et signés par l'entrepreneur qui a réalisé les travaux.

Ils attestent de la conformité « globale » de l'installation (canalisations, évacuation des produits de combustion, ventilation, conformité des appareils, etc.).

Il existe quatre modèles différents de certificat de conformité :

- modèle 1 : installations à usage collectif ;
- modèle 2 : installations intérieures d'un logement (installations neuves ou modifications) ;

- modèle 3 : canalisations alimentant une chaufferie ou mini-chaufferie d'habitations collectives ;
- modèle 4 : le remplacement d'une chaudière à l'identique (sans déplacement).

De la même manière, il existe 3 modèles de certificats pour les établissements recevant du public (ERP).

Ce certificat est obligatoire dans le cas de réalisation de travaux neufs, il doit être fourni au distributeur de gaz pour permettre la mise en service du branchement d'abonné.

Le certificat de conformité ne s'applique pas aux installations comportant uniquement un appareil de cuisson domestique alimenté par un tube souple ou un tuyau flexible (sans aucune tuyauterie fixe).

Les installations gaz doivent être réalisées par un professionnel agréé PGN (professionnel gaz naturel) ou PGP (professionnel gaz propane), et leur maintenance par un professionnel agréé PMG (professionnelle maintenance gaz), appellation qui remplace l'appellation SAV GAZ.

Lorsque le distributeur de gaz constate une fuite sur l'installation (rotation du compteur) ou un défaut grave immédiat (DGI), il peut condamner l'installation et demander un certificat de conformité prouvant la réalisation des travaux nécessaires avant de rétablir la fourniture de gaz.

©

17
INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

Un installateur est amené à intervenir sur des installations électriques pour raccorder ses appareils.

Attention

Pour effectuer les travaux d'ordre électrique, il faut disposer d'une habilitation B1V ou BR et avoir été désigné pour effectuer l'intervention.

Les risques électriques sont importants, ils peuvent provoquer des brûlures internes ou externes, des électrisations ou des électrocutions. La formation électrique des installateurs est donc une nécessité.

1 Rappels

La **quantité d'électrons** qui circulent dans un conducteur est représentée par l'**intensité** électrique (ou le **courant**), son symbole est **I,** son unité l'ampère (**A**).

La **différence de potentiel** (**ddp**) ou différence de charge électrique entre deux conducteurs est représentée par la **tension**, son symbole est **U** ou **V,** son unité le volt (**V**).

On peut avoir une tension sans courant mais pas un courant sans tension (c'est la différence de potentiel qui crée le déplacement des électrons).

La **résistance** d'un conducteur représente sa capacité à empêcher les électrons de circuler, son symbole est **R**, son unité est l'ohm (**Ω).**

La **fréquence** d'un courant alternatif représente le nombre de périodes par seconde, son symbole est **F**, son unité est le hertz (**Hz)**: 50 Hz en France, 60 Hz aux États-Unis.

Lorsqu'un fil conducteur est parcouru par un **courant électrique**, il y a création d'un **champ magnétique** autour du fil.

Lorsqu'un fil conducteur est soumis à un **champ magnétique**, il y a création d'un **courant électrique** (si le circuit est fermé, sinon il y a seulement une différence de potentiel).

Le **calibre** d'un appareil représente sa valeur maximale autorisée (valeur **nominale**).

La **sélectivité** permet en cas de défaut de ne couper que le ou les circuits concernés, on distingue deux types de sélectivités :

- **sélectivité ampère-métrique** : le calibre du disjoncteur général est plus fort que celui des protections individuelles ;
- **sélectivité chronométrique** : Le temps de réponse du disjoncteur général est plus long que le temps de réponse des disjoncteurs individuels.

Il existe trois types de **disjoncteurs différentiels** :

- type **AC** : détecte les défauts sur les appareils à courant alternatif ;
- type **A** : détecte les défauts sur les appareils à courant alternatif et continu (électroménager) ;
- type **HPI** : recommandé pour les congélateurs et les appareils électroniques.

Le fil de **neutre** se repère par la lettre **N**, les fils de **phase** par : **φ**, **L** ou **PH**.

1.1 Protection des installations

Il existe différents appareils pour protéger une installation (tableau 17.1).

Tableau 17.1 – Protection d'uns installation

Nom	Symbole	Fonction
Fusible aM		Fusible **accompagnement moteur** Protection des moteurs principalement contre les courts-circuits et les surintensités
Fusible gl ou gG		Fusible d'**usage général** Protection des matériels domestiques (éclairage, chauffage…) contre les courts-circuits et les surintensités
Sectionneur porte-fusible		Se manœuvre hors charge, permet d'isoler une partie de l'installation, contient aussi des fusibles pour la protection.
Protection thermique		Protège le matériel contre les surcharges (surintensité ou surchauffe) par déformation d'un bilame

Nom	Symbole	Fonction
Disjoncteur magnéto-thermique		Protège le matériel contre les surcharges et les courts-circuits
Interrupteur différentiel		Protège les personnes contre les courants de défauts

Surcharge = Augmentation lente mais de longue durée du courant de passage

La surcharge intervient lorsque l'intensité qui passe dans un conducteur est trop importante (trop d'appareils branchés, moteur bloqué, etc.) ce qui provoque un échauffement qui détériorera les isolants et pourra provoquer un incendie.

Protection des installations par :

- **fusibles** : un filament fond et coupe le courant ;
- **relais thermiques** : quand un bilame chauffe trop, il se déforme, ce qui permet de déverrouiller les contacts.

Court-circuit = Augmentation importante et très rapide du courant de passage

Un court-circuit est provoqué par la mise en contact de deux conducteurs sous tension, ce qui provoque un courant de plusieurs milliers d'Ampères.

Protection des installations par relais magnétique.

Différentiel = Dispositif qui compare l'intensité du courant qui « entre » et qui « sort » d'une installation : détection d'un courant de fuite

Le différentiel est le seul dispositif qui protège les personnes. Si l'on touche un conducteur ou un appareil sous tension, le courant de fuite sera détecté par l'appareil qui coupera l'alimentation électrique de l'ins-

tallation. La protection des personnes contre les courants de fuite est assurée par un disjoncteur différentiel 10 ou 30 mA pour les installations domestiques. Les disjoncteurs EDF sont calibrés à 300 ou 500 mA.

Il est recommandé de disposer d'un disjoncteur différentiel 30 mA pour protéger son installation de chantier et éviter tout risque d'électrocution.

1.2 Transport du courant / HT – BT

Le courant est produit dans des **centrales électriques** par des **alternateurs** à partir de différentes énergies : hydraulique, thermique (charbon, gaz, fioul, nucléaire), éolienne, biomasse, solaire, marémotrice. Les systèmes de secours sont constitués de groupes électrogènes.

Les **turbines** mises en mouvement par la vapeur, le vent, l'eau... à une vitesse de **3 000 tours par minute** (50 tr/s), entraînent un **alternateur** qui produit du courant alternatif en 20 000 V à une fréquence de **50 Hz.**

Le courant alternatif ne peut pas être stocké, il faut produire en fonction de la demande, le système est géré par les centres de régulation qui adaptent la production à la demande.

Le courant est transporté en **triphasé** car le rapport poids (volume) - puissance est plus avantageux.

On distingue différentes catégories de tension (tableau 17.2), les mesures de sécurité seront différentes pour chacune d'entre elle.

Tableau 17.2 – Catégories de tension

Courant	TBT	BT A	BT B	HT A	HT B
Alternatif	U ≤ 50 V	50 < U ≤ 500 V	500 < U ≤ 1 000 V	1 000 < U ≤ 50 000 V	U > 50 000 V
Continu	U ≤ 120 V	120 < U ≤ 750 V	750 < U ≤ 1 500 V	1 500 < U ≤ 75 000 V	U > 75 000 V

Les réseaux EDF transportent le courant à différentes tensions (figure 17.1) :

- 400 000 V ou 225 000 V pour les réseaux d'interconnexion entre les régions ;
- 90 000 V ou 63 000 V dans les régions et départements ;
- 20 000 V pour les distributions locales ;
- 230 / 400 V pour les distributions clients.

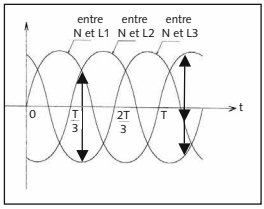
Généralement les lignes hautes tensions ont 3 ou 6 fils jusqu'aux transformateurs, un neutre est créé aux transformateurs, les lignes 230/400 V ont 4 fils.

Figure 17.1 – Ligne 20000 V

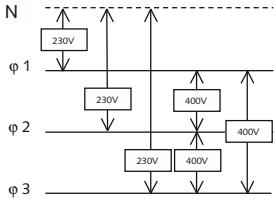
1.3 Courant monophasé et triphasé

La **tension simple V** entre le neutre et une phase est de 230 V ($V = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}}$).

La **tension composée U** entre deux phases est de 400 V. Les tensions des trois phases sont décalées dans le temps, à tout moment, la somme des 3 est égale à 0.



U varie sur une période T normalisée.
À tout moment :
U1 + U2 + U3 =0



Depuis 1996, la distribution au niveau international se fait en : 230/400 V (+6% - 10%)

Figure 17.2 – Tension simple et tension composée

Attention

Il est possible de trouver en service d'anciens transformateurs 220/380 V, ainsi que d'anciens réseaux 131/230V (triphasé en 230 V).

1.4 Formulaire

Loi générale en courant continu ou en courant alternatif pour les circuits ne comportant que des résistances :

$$P = U \cdot I$$

avec :

P : puissance en W ; U : tension en V ; I : intensité en A.

L'énergie électrique (puissance apparente, **S**) se décompose en **énergie mécanique** (puissance active, **Pa**) et en **énergie magnétique** (puissance réactive, **Q**) dès que l'on a des moteurs ou des appareils utilisant des champs magnétiques.

En monophasé :

Puissance apparente	$S = U \cdot I$	Puissance en VA
Puissance active	$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$	Puissance en W
Puissance réactive	$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$	Puissance en var

En triphasé :

Puissance apparente	$S = U \cdot I \cdot \sqrt{3}$	Puissance en VA
Puissance active	$P = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cos \varphi$	Puissance en W
Puissance réactive	$Q = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \sin \varphi$	Puissance en var

Facteur de puissance : cos φ

Il représente le déphasage entre tension et courant dans les récepteurs inductifs (moteurs) :

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P \text{ active}}{P \text{ apparente}} \quad \frac{\text{en W}}{\text{en VA}}$$

Il est précisé sur la plaque de l'appareil.

1.5 Couplage

Le **couplage** des **récepteurs triphasés** (résistances électriques ou moteurs) se fait en **étoile** ou en **triangle**.

■ Couplage étoile

Raccorder les trois récepteurs à la même borne revient à créer un **neutre artificiel :**

$$V = \frac{400}{\sqrt{3}} = 230 \text{ V}$$

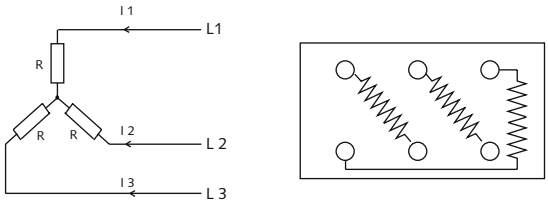


Figure 17.3 – Représentation des résistances R ou des bobinages Z sur une plaque à borne

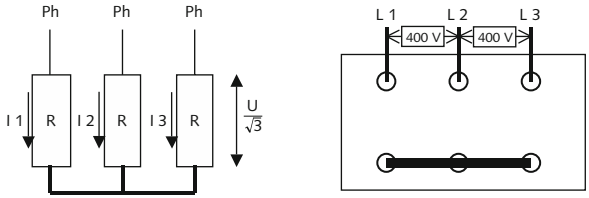


Figure 17.4 – Représentation d'un couplage étoile sur une plaque à borne

■ Couplage triangle

Tension composée : **U = 400 V.**

$$J = \frac{I}{\sqrt{3}}$$

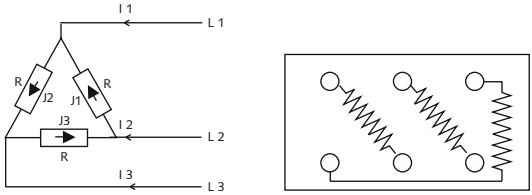


Figure 17.5 – Représentation des résistances R ou des bobinages Z sur une plaque à borne

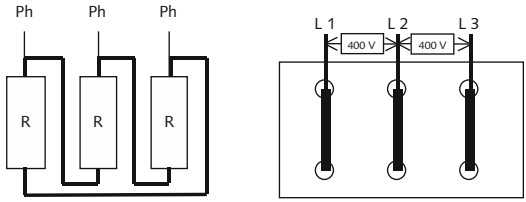


Figure 17.6 – Représentation d'un couplage triangle sur une plaque à borne : U = 400 V

2 Transformateurs

On trouvera des transformateurs sur les brûleurs (transformateurs haute tension pour l'allumage de la flamme) et dans les salles de bains (transformateurs de sécurité).

Le transformateur se compose de 3 parties (figure 17.7) :

- partie **mécanique :** supports, protections, refroidissement sec ou dans l'huile... ;
- partie **magnétique** : constituée d'un assemblage de plaques, elle canalise le flux ;
- partie **électrique** : constituée de bobinages au primaire et au secondaire, elle crée une induction alternative dans le circuit magnétique du transformateur, ce qui crée une tension (induite) au secondaire.

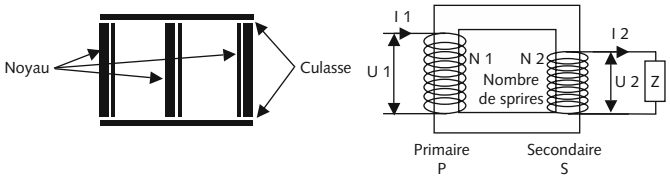


Figure 17.7 – Transformateur

Le **rapport de transformation**, **m**, permet de calculer la tension au secondaire en fonction de la tension au primaire :

$$m = \frac{N2}{N1} = \frac{U2}{U1} = \frac{I1}{I2}$$

On protège le **primaire** avec un fusible **aM**, on protège le **secondaire** avec un fusible **gG.**

Transformateur à séparation des circuits : un isolant sépare les deux enroulements et protège l'utilisateur sur le secondaire, on parle de **transformateur de sécurité**, c'est le type de transformateur utilisé dans les salles d'eau.

3 Moteurs alternatifs

Les moteurs alternatifs asynchrones représentent 80 % du parc de moteurs électriques :

- **Moteur synchrone :** moteur qui tourne à la vitesse du champ magnétique tournant (3 000 tr/s).
- **Moteur asynchrone** : moteur qui tourne à une vitesse inférieure à celle du champ tournant.

Un moteur est composé d'un stator (partie fixe), d'un rotor (partie mobile), d'une plaque à borne qui permet le raccordement électrique, d'un arbre rotatif monté sur des roulements à bille et d'un système de refroidissement.

3.1 Moteurs triphasés

Le **stator** comporte 3 enroulements décalés de 120° alimentés par une tension alternative triphasée, il produit un champ magnétique tournant qui fait tourner le rotor (induit).

Il existe deux types de **rotors**, le rotor à cage d'écureuil (le plus fréquent) ou le rotor bobiné.

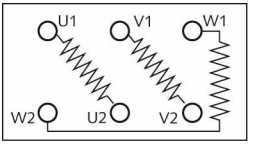


Figure 17.8 – Identification de la plaque à borne

La plaque à borne est identifiée de la manière suivante (figure 17.8) :
- **U 1, V 1, W 1** pour les entrées ;
- **U 2, V 2, W 2** pour les sorties (avant X, Y, Z).

Tableau 17.3 – Nombre de paires de pôle dans un bobinage de stator

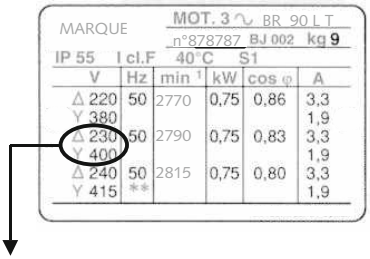
Nombre de paires de pôles	Vitesse de rotation synchrone (en tours/min)
1	3000
2	1500
3	1000
4	750
5	600
6	500
8	375
10	300

Chaque bobinage du **stator** peut avoir plusieurs **paires de pôles**, ce qui va déterminer sa vitesse de rotation (tableau 17.3). Le nombre de paires modifie le champ tournant et la vitesse :

Vitesse de rotation (tr/min) $v = \dfrac{60 \times F}{nombre\ de\ paires}$

avec F : fréquence du courant.

3.2 Plaque signalétique d'un moteur



La tension admissible aux enroulements du moteur ne doit pas dépasser la plus petite des deux tensions ( ) de la plaque signalétique.

MOT.3-	Moteur triphasé alternatif
BR	Série
90	Hauteur d'axe
L	Type de carter
T	Indice d'imprégnation
N°	numéro de moteur
878787	numéro de série
B	année de production
J	mois de production
002	n° d'ordre dans la série
kg	masse
IP55	indice de protection
I cl. F	classe d'isolation
40°C	température d'ambiance maxi
S	service
V	tension d'alimentation
Hz	fréquence d'alimentation
min $^{-1}$	nombre de tours par minute (vitesse asynchrone)
kW	puissance nominale **Attention c'est Pu** : P mécanique
cos	facteur de puissance
A	intensité nominale
	tension triangle
Y	tension étoile

Figure 17.9 – Plaque signalétique d'un moteur

RESEAU / MOTEUR	120 220	230 400	400 660
Δ 120 / Y 220	Y		
Δ 230 / Y 400	Δ	Y	
Δ 400 / Y 660		Δ	Y

Pour le moteur de la figure 17.9, Δ 230 / Y 400 branché sur un réseau EDF 230/400 V, les bobinages seront couplés en étoile, la tension aux enroulements sera de 230 V.

Le **démarrage étoile-triangle** ne concerne que les moteurs Δ 400 / Y 660 branchés sur un réseau 230/400 V : la tension aux bobinages sera 230 V puis 400V. Ce type de démarrage permet de réduire l'intensité au démarrage, il est remplacé par des régulateurs électroniques.

En **monophasé** on trouvera pour un moteur 230/400 V :

- 230 V tension supportée par 1 seul enroulement ;
- 400 V tension supportée par 2 enroulements en série.

La puissance marquée sur la plaque signalétique est parfois donnée en cheval vapeur (ch) ou en *horse power* (HP). On utilisera le tableau 17.4 pour convertir la puissance en kW.

Tableau 17.4 – Conversion des unités de puissance électrique

	kW	ch	HP
kW	1	1,359	1,341
ch	0,736	1	0,986
HP	0,746	1,014	1

ch : cheval-vapeur ; HP : *horse power.*

Exemple

$4 \text{ ch} = 4 \times 0{,}736 = 2{,}944 \text{ kW}$

3.3 Moteurs monophasés asynchrones

Ils sont utilisés dans les installations domestiques et les petites installations commerciales ou industrielles où il n'y a pas de courant triphasé (figure 17.10).

Le stator comprend un enroulement principal et un enroulement secondaire, il faut créer un déphasage entre les deux pour mettre en rotation le moteur, pour cela, on utilise un condensateur permanent.

La **sécurité thermique** (de type ipsotherme) est souvent intégrée au moteur. En cas de surchauffe, il faut attendre que le moteur refroidisse avant d'essayer un nouveau démarrage.

On peut trouver un deuxième condensateur en parallèle avec le premier pour augmenter le couple du moteur au démarrage, il est mis hors circuit lorsque le moteur atteint sa vitesse de rotation nominale.

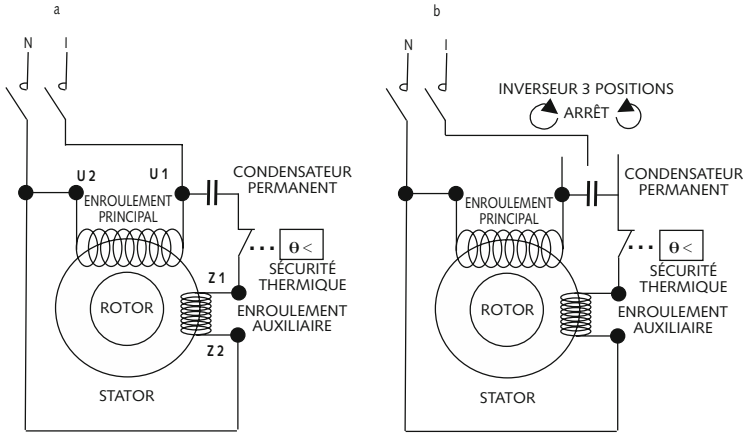


Figure 17.10 – a) Schéma de principe d'un moteur monophasé ; b) Schéma de principe d'un moteur monophasé à 2 sens de rotation

3.4 Condensateur

Le condensateur est un composant électronique passif capable de stocker l'énergie, il s'oppose au passage du courant pendant un certain temps (temps de charge) puis laisse passer le courant (temps de décharge).

C'est ce phénomène qu'on utilise pour créer le déphasage entre les deux enroulements (l'enroulement principal et l'enroulement secondaire de démarrage) d'un moteur monophasé.

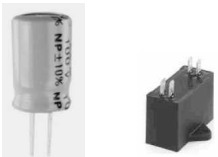


Figure 17.11
Condensateurs

Il est caractérisé par les valeurs suivantes :

- **Capacité** (valeur) : en farads (picofarad : pF ; nanofarad : nF ; microfarad : µF ; millifarad : mF…), par exemple : 8 µF pour un moteur de 200 W.
- **Tension de service** : 250, 400, 630 ou 1 000 V, c'est la tension maximale admissible aux bornes du condensateur. (Dépasser cette valeur revient à créer un court-circuit à l'intérieur du condensateur et peut le faire exploser.)

- **Tolérance :** ±5 % par exemple, c'est la précision de la capacité du condensateur.

Attention

La charge du condensateur peut entretenir une tension aux bornes d'alimentation du moteur, même si celui-ci est à l'arrêt et provoquer un courant de forte intensité.

Dans la pratique

Lorsque le condensateur est à remplacer, le moteur est sous tension mais ne tourne que si on le lance « à la main ».

3.5 Formulaire moteurs

Vitesse de rotation synchrone, n_s (n × 60 = vitesse en tr/min) :

$$n_s = \frac{F}{nombre\ de\ paires}$$

n_s en tr/s

F fréquence du courant en Hz

Puissance active, Pa, partie de la puissance électrique absorbée par le moteur. Pour un moteur triphasé :

$$Pa = U.I\sqrt{3}.\cos\varphi$$

Pa en W, U en V, I en A

Puissance utile mécanique, Pu, énergie mécanique réellement disponible à l'arbre :

$$Pu = T.\Omega$$

Pu en W, T moment du couple en N.m, Ω vitesse angulaire en rad/s

C'est la **puissance marquée sur le moteur.**

Rendement η, % d'énergie électrique convertie en énergie mécanique :

$$\eta = \frac{Pu}{Pa}$$

η ×100 en %, Pu et Pa en W

Moment du couple moteur, T (ou M ou C) :

$$\boxed{T = \frac{Pu}{\Omega}}$$

T en newton mètre, Pu en W, Ω en rad/s

Vitesse de rotation angulaire Ω (1 tour = 2π) :

$$\boxed{\Omega = 2.\pi.n}$$

Ω en rad/s, n en tr/ s

Exemple

Pour le moteur de la figure 17.9, une paire de pôles sur un réseau 230/400 V câblé en triangle :

Puissance active : Pa = $230 \times 3{,}3 \times \sqrt{3} \times \cos 0{,}83$ = 887 W = 0,887 kW

Puissance utile : Pu = 0,75 kW

rendement : $\eta = \frac{0{,}75}{0{,}887} = 0{,}8455 = 84{,}55$ %

vitesse de rotation : n = $\frac{2\,790}{60}$ = 46,5 tr/s

vitesse angulaire Ω = 2.π.46,5 = 292,16 rad/s

Couple du moteur $T = \frac{750}{292{,}16}$ = 2,56 N·m

3.6 Sélection de l'appareillage de protection

Le choix des appareils doit remplir les fonctions suivantes :

- Sectionnement-Interruption (urgence) et Consignation.
- Protection des installations :
  - contre les courts-circuits,
  - contre les surcharges.
- Protection des personnes.
- Commande : commutation marche-arrêt.
- Régulation-sécurité (selon les installations).

Pour les installations comprenant des moteurs, on pourra choisir principalement trois types d'équipements :

- Sectionneur porte fusible + Contacteur + Relais thermique
- Disjoncteur moteur magnétothermique + Contacteur
- Disjoncteur contacteur intégral

Les appareils seront caractérisés selon les principaux critères suivants :

- **Calibre,** courant nominal d'emploi (ou **courant assigné**).
- **Tension** nominale d'emploi et type de courant (alternatif ou continu).
- **Pouvoir de coupure** : valeur maximale que l'appareil peut couper sans dommages :
  - **1000 A** : application domestiques,
  - **10 kA** : installations industrielles (personnel qualifié).
- **Catégorie d'emploi** : elle précise les temps de réaction, le type d'installation...

3.7 Courbes de déclenchement magnétique des disjoncteurs

- **Courbe B :** 3 à 5 fois l'intensité nominale (In), grandes longueurs de câbles, régimes IT et TN.
- **Courbe C** : 5 à 10 In, applications courantes.
- **Courbe D** : 10 à 20 In, I d'appel élevée : moteurs, transfo, pompes à chaleur...
- **Courbe Z** : 10 à 20 In, circuits électroniques.
- **Courbe MA** : 14 à 14 In, magnétique seul : ERP, moteurs, transfo...

3.8 Classes des disjoncteurs magnétothermiques modulaires – classes d'isolation

- Classe 1 : contrainte thermique non limitée dans le temps.
- Classe 2 : contrainte thermique limitée dans le temps.
- Classe 3 : contrainte thermique limitée dans le temps

Les classes d'isolation :

- Classe I : Isolation principale avec dispositif de mise à la terre.
- Classe II : appareil qui offre une protection suffisante contre les risques électriques et ne doit pas être raccordé à la terre.
- Classe III : appareil alimenté par une très basse tension (TBTS).

4 Normes et labels

Les normes des installations électriques sont référencées sous l'appellation NF C, la principale étant

- la norme NF C 15.100 concernant les règles concernant les installations électriques basse tension,
- le guide UTEC 15-520 – Mise en œuvre des canalisations,
- la norme NF P80-201.2 – Installations électriques des bâtiments à usage d'habitation.

Le Label Promotelec définit des critères de qualité et de confort thermique des installations électriques (chauffage, régulation, production d'eau chaude etc.).

5 Sécurité électrique

Les personnes travaillant sur une installation électrique doivent être qualifiées et habilitées, c'est le chef d'entreprise qui délivre l'habilitation.

Un technicien intervenant sur une installation électrique doit avoir les connaissances nécessaires suffisantes pour effectuer le travail demandé, avoir suivi une formation à l'habilitation électrique et être habilité par son employeur.

Les conditions de travail à proximité de pièces nues sous tension sont définies en fonction de la valeur de la tension.

Aucune protection n'est à mettre en place lorsqu'on se trouve à une distance supérieure à 30 cm d'une partie nue sous tension (tension < 1 000 V).

Lorsqu'on se trouve à moins de 30 cm d'une partie nue sous tension, il faudra prendre des dispositions particulières (tension < 1 000 V) : pose d'écrans isolants…

Seules les opérations de mesurage peuvent être réalisées sous tension par un personnel habilité (mesure de tension, mesures d'intensité, etc.).

5.1 Consignation

Lorsqu'on intervient sur une installation sous tension pour effectuer des travaux, il faut respecter une procédure appelée **consignation** en cinq étapes.

On effectuera successivement les étapes suivantes :

- La **séparation** : elle consiste à ouvrir les contacts pour mettre hors tension tous les conducteurs actifs (y compris le neutre), elle s'effectue hors charge.
- La **condamnation** : elle consiste à bloquer en position d'ouverture les appareils ayant servi à la séparation, à l'aide d'un cadenas et d'une

étiquette précisant que l'installation a été condamnée et qu'il est interdit de manœuvrer le dispositif.
- L'**identification** : elle consiste à identifier le circuit sur lequel l'on doit travailler.
- La **vérification** d'absence de tension (VAT) : elle consiste à contrôler la non-présence de tension à l'aide d'un appareil spécialement conçu pour cet usage (VAT), l'appareil doit être contrôlé avant et après l'opération de VAT.
- La **mise à la terre** (MALT) et la **mise en courts-circuits** (CC) : elle doit être réalisée sur les installations basse tension sur lesquelles sont présents des condensateurs.

Lorsque l'électricien aura fini son intervention, il effectuera successivement les étapes suivantes :
- La **déconsignation** : elle consiste à retirer la condamnation de l'installation (cadenas et étiquettes de signalisation) et à remettre sous-tension l'installation.
- Les **essais** : ils consistent à vérifier le bon fonctionnement de l'installation réalisée.

Lors d'une intervention, l'électricien doit délimiter sa **zone de travail** à l'aide d'un balisage si cette zone de travail peut être accessible à une personne extérieure.

L'électricien doit porter lorsque cela est nécessaire des **équipements de protection individuelle (EPI)** : des gants et des sous-gants lorsqu'il travaille au voisinage d'une installation sous tension, des chaussures comportant une semelle isolante, des vêtements adaptés (aucune partie métallique, manches longues, etc.), des lunettes ou un écran facial anti-UV lorsqu'il y a un risque de formation d'arc électrique, un casque isolant lorsqu'il y a risque de chute ou que les parties sous tension sont situées au-dessus. Il doit utiliser des outils isolés.

Les **titres d'habilitation** utilisés dans le bâtiment sont :
- **B1V** : électricien habilité à travailler au voisinage des installations basse tension.
- **BR** : électricien habilité à travailler au voisinage des installations basse tension, il peut effectuer des dépannages, des raccordements, des mesurages, essais et vérifications, il réalise sa propre consignation et déconsignation de l'installation sur laquelle il intervient.

Un électricien B1V ne peut pas réaliser les opérations de consignation ou de déconsignation, elles doivent être réalisées par un chargé de consignation habilité BC.

5.2 Soins aux électrisés

Un technicien peut être victime d'une électrisation (il est parcouru par un courant électrique) qui peut provoquer de simples picotements, des brûlures externes ou internes, des contractions musculaires, ou d'une électrocution provoquant un arrêt respiratoire et un arrêt cardiaque.

Lorsqu'une victime est électrocutée, il faudra Protéger, Alerter, Secourir :

- **Protéger** : En aucun cas il ne faut toucher une victime d'une électrocution sans s'être assuré d'avoir coupé la source du courant électrique. Il faut protéger son entourage en coupant l'alimentation électrique, ou en s'éloignant du conducteur sous tension. Il ne faut dégager la victime que si le courant a été coupé.
- **Alerter** : Les secours médicalisés d'urgence (15 ou 112) à chaque fois qu'une victime a perdu connaissance en précisant l'adresse exacte, le nombre de victimes, la nature de l'accident… pour permettre aux secours de prévoir le matériel adapté à la situation. Si une victime est électrisée mais reste consciente, il faudra quand même appeler le 15 ou 112 et elle devra consulter dans les plus brefs délais un médecin pour effectuer un bilan de santé.
- **Secourir** : Lorsque la victime est en arrêt cardio-respiratoire, il faudra prodiguer les premiers gestes de secours le plus rapidement possible (compressions thoraciques, défibrillateur…) et continuer jusqu'à l'arrivée des secours.

Si un défibrillateur est présent, on l'utilisera en premier.

18
INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE

Ce chapitre rappelle quelques bases de conception et de réalisation d'une installation de chauffage individuel.

Le but d'une installation de chauffage est de compenser les déperditions de chaleur d'un bâtiment. La détermination de la puissance de l'installation se fera à partir du calcul des déperditions thermiques (figure 18.1).

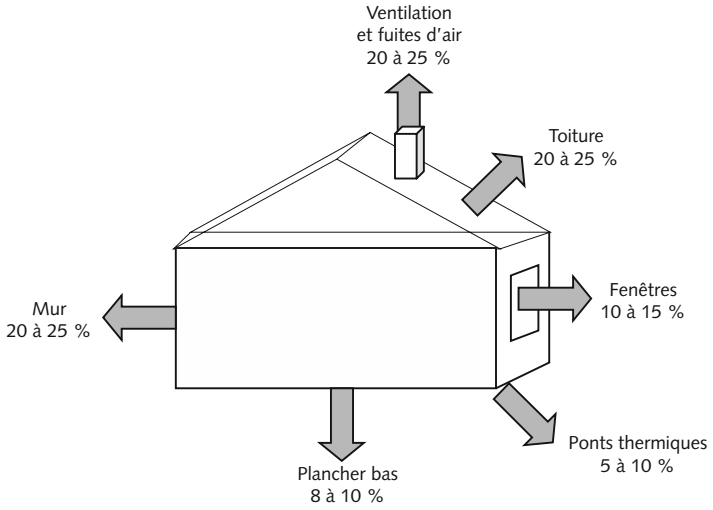


Figure 18.1 – Déperditions thermiques en % d'une habitation « standard »

Ce schéma correspond aux déperditions d'un bâtiment construit dans les années 1980. Pour les bâtiments qui respectent la RT 2012, les pertes par les parois sont fortement réduites. Ce sont alors les pertes par le

renouvellement d'air qui représentent le plus fort pourcentage des pertes de chaleur (la ventilation double flux devient donc une nécessité).

L'évolution de la règlementation thermique vers la RT 2018 pour les bâtiments publics, puis la RT 2020 pour tous les bâtiments imposera des bâtiments à énergie positive (BEPOS qui produiront plus d'énergie qu'ils n'en consomment) et à faible empreinte environnementale.

Les besoins en chauffage seront donc fortement réduits et les installations de chauffage utilisant des chaudières ne seront pas toujours adaptées aux maisons individuelles car elles seront trop puissantes par rapport aux besoins.

1 Éléments d'une installation de chauffage

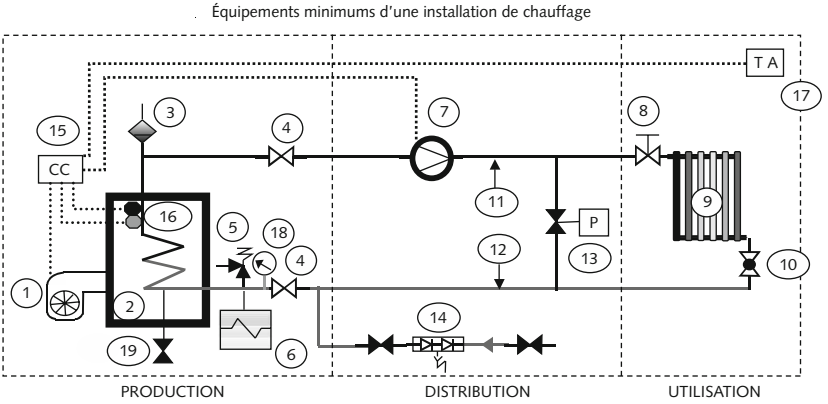


Figure 18.2 – Schéma d'une installation de chauffage. 1. brûleur ; 2. chaudière ; 3. purgeur air ; 4. vannes d'isolement (ou de service) ; 5. soupape de sécurité ; 6. vase d'expansion ; 7. circulateur ; 8. vanne manuelle de commande d'appareil ; 9. émetteur ; 10. vanne de réglage (té de réglage) ; 11. tuyauterie départ (aller) ; 12. tuyauterie de retour ; 13. soupape différentielle ; 14. disconnecteur ; 15. coffret de commande ; 16. thermostat de sécurité + thermostat de régulation ; 17. thermostat d'ambiance ; 18. manomètre ; 19. vanne de vidange

Il existe de nombreuses manières de réaliser et de faire fonctionner une installation de chauffage. En voici les principes de base.

La chaudière (ou générateur d'eau chaude) produit l'eau à la température désirée (consigne réglée au thermostat de régulation), celle-ci est envoyée par le circulateur vers l'installation et les émetteurs pour maintenir une température constante dans les locaux.

Une installation de chauffage se compose principalement de trois parties :

- une production de chaleur,
- un réseau de distribution,
- un ensemble d'émetteurs.

Il faudra distinguer principalement les installations à vases ouverts les installations à vases fermés.

Elle doit comporter des éléments obligatoires que l'on trouvera sur la figure 18.2.

1.1 Brûleur

Il produit la flamme, permet la combustion du gaz, du fioul ou des granulés de bois dans des conditions réglementaires (sécurité, qualité de la combustion…).

1.2 Chaudière

Elle permet de récupérer la chaleur produite par la flamme dans le foyer et la transmet à l'eau qui circule. Chaque chaudière nécessite un débit minimum pour éviter la surchauffe et permettre un bon rendement. Le débit minimum est assuré par la soupape différentielle (intégrée ou non à l'appareil) en cas de fermeture des robinets des appareils.

1.3 Purgeur d'air

Il permet d'évacuer l'air présent dans l'installation à la mise en service ou introduit par la suite lors de travaux (figure 18.3). Un bouchon permet de fermer l'orifice en cas de fuite du mécanisme. Il est généralement muni de raccords permettant son démontage sans vidange de l'installation. Il se place au point le plus haut de l'installation.

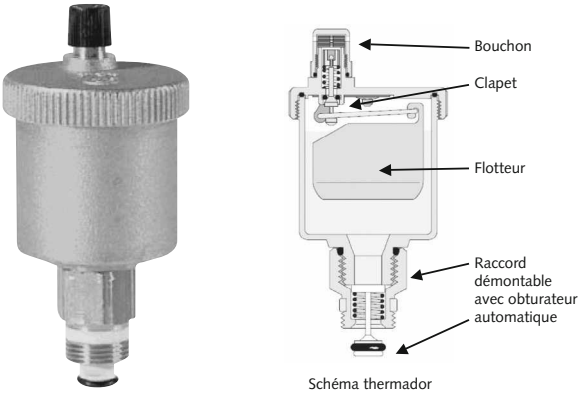


Figure 18.3 – Purgeur (documentation Thermador)

Lorsque l'air s'introduit dans le purgeur, le flotteur descend et libère le clapet de l'orifice de purge, l'air peut s'évacuer.

Lorsque le niveau d'eau remonte dans le purgeur, le flotteur vient fermer l'orifice de purge, l'eau ne s'écoule pas.

Les gaz dissous dans l'eau sont libérés par l'élévation de température et la vitesse excessive qui provoque une variation de pression. Des microbulles se forment dans la chaudière à la surface de l'échangeur (partie la plus chaude) ou dans les accessoires ou la vitesse augmente (circulateur, robinetterie).

Dans une installation de chauffage contenant 100 l d'eau, sous une pression de 2 bar absolus (1 bar en pression relative), lorsque la température passe de 20 °C à 80 °C, il se libère environ 1,8 l de gaz (figure 18.4).

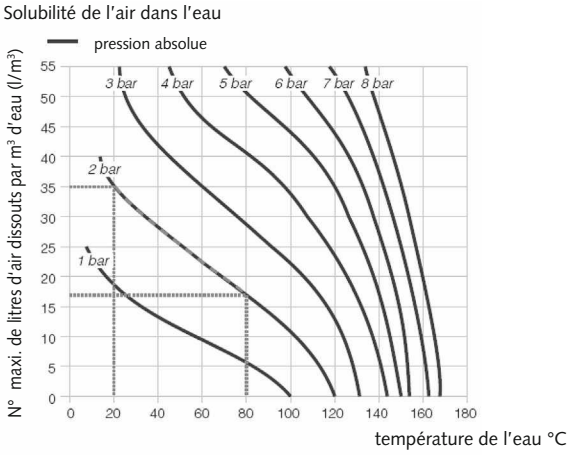


Figure 18.4 – Solubilité de l'air dans l'eau en fonction de la température (documentation Thermador)

Pour évacuer ces microbulles, on pourra installer un séparateur d'air (ou dégazeur) en ligne à la sortie de la chaudière (figure 18.5).

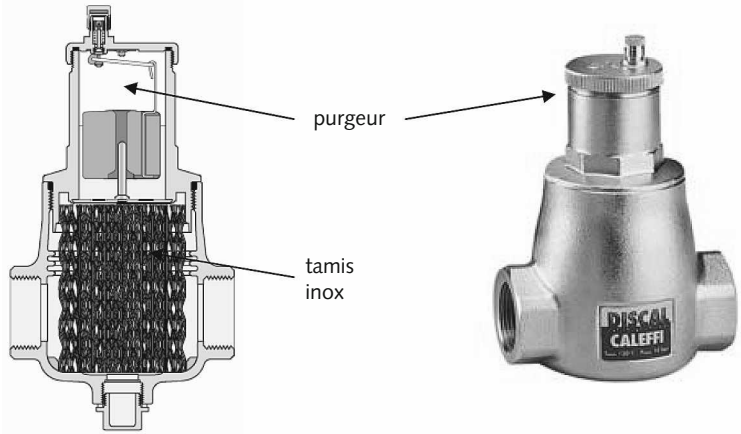


Figure 18.5 – Dégazeur Discal Caleffi (document thermador)

La vitesse de l'eau à l'intérieur du dégazeur est réduite (le diamètre de passage est plus grand). Un tamis en acier inoxydable vient piéger les microbulles d'air qui s'agglutinent, remontent et sont évacuées par le purgeur situé en partie haute.

1.4 Vanne isolement (ou de service)

Elles permettent d'isoler la chaudière du reste de l'installation pour faciliter les interventions de maintenance.

1.5 Soupape de sécurité

Elle permet de limiter la pression de l'installation à sa valeur de tarage (généralement 3 bar). **Il est interdit de poser une vanne entre la chaudière et la soupape de sécurité.** Les équipements d'une installation de chauffage résistent habituellement à une pression pouvant aller jusqu'à 5 bar. Dans les immeubles de grande hauteur (supérieure à 50 m), il faudra choisir des équipements capables de supporter des pressions plus importantes.

1.6 Vase d'expansion

Ouvert ou fermé, il permet d'accueillir le volume d'expansion (volume supplémentaire due à la dilatation de l'eau lors de sa montée en température). Ce volume d'expansion est d'environ 2 à 3 % (il faudra consulter le mémento technique pour obtenir les coefficients de dilatation de l'eau).

■ Vase d'expansion ouvert

Utilisé dans les anciennes installations, il est remplacé aujourd'hui par le vase d'expansion fermé (ou sous pression). On les trouve pour le remplacement des vases existants, dans des capacités de 22 à 50 l en inox, tôle galvanisée ou polypropylène pour les vases rectangulaires et en tôle galvanisée d'une capacité de 20 à 150 l pour les vases cylindriques.

Figure 18.6 – Vases d'expansion ouverts (documentation Thermador)

Sur les installations comportant encore ce type de vase, il faudra vérifier les conditions suivantes (figure 18.7) :

- le vase est dimensionné correctement : 1/20 du volume de l'installation ou 1,1 l pour 1 162 W de puissance ;
- il est protégé contre le gel ;
- il est raccordé à la chaudière directement par une tuyauterie de même diamètre que la tuyauterie de sortie de chaudière ;
- il n'y a pas de vanne d'isolement entre la chaudière et le vase d'expansion ;
- l'évent est bien positionné, il permet l'évacuation de l'eau à l'égout en cas de débordement (généralement dans les gouttières).

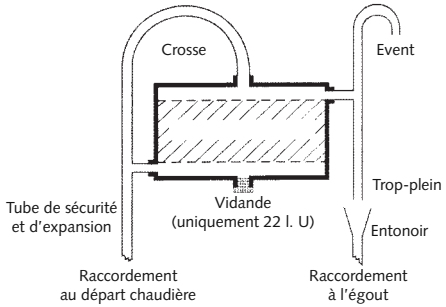


Figure 18.7 – Schéma de pose d'un vase d'expansion ouvert (documentation Thermador)

■ Vase d'expansion fermé

Utilisé dans toutes les installations de nos jours, il se place généralement sur la tuyauterie de retour de l'installation. Il doit être placé entre la chaudière et la vanne d'isolement du circuit général. Si une vanne est installée pour permettre son démontage plus facilement, la poignée doit être retirée pour éviter sa fermeture accidentelle.

On trouve des modèles allant d'une capacité (volume utile) de 4 à 1 000 l, il est possible de monter plusieurs vases en parallèle.

La taille du vase d'expansion fermé dépendra de plusieurs paramètres.

- **Le volume d'eau de l'installation** peut être déterminé par le calcul lors de la conception de l'installation, mesuré à l'aide d'un compteur lors du remplissage de l'installation, ou estimé à partir des relevés effectués (longueur de tuyauterie, contenance en eau des radiateurs…).

Figure 18.8 – Vase d'expansion fermé (documentation Thermador)

Dans ce cas, on utilisera les approximations suivantes :
Volume d'eau en litre d'une tuyauterie :

$$V = S \times L = \frac{\pi (D_{int})^2}{4\,000} \times L$$

avec :

V : volume en l ;

D_{int} : diamètre intérieur en mm ;

L : longueur de la tuyauterie en m ;

S : Surface en m².

Volume d'eau de radiateurs acier : 12 l pour 1 163 W de puissance.

La hauteur statique de l'installation est exprimée en bar (1 bar = 10 mCE).

- **La pression d'ouverture de la soupape de sécurité** ou pression de tarage est généralement de 3 bar pour les installations simples mais elle peut être supérieure pour les installations de grande hauteur.
- **La température moyenne de l'eau** se calcule de la manière suivante :

$$\theta \text{ moyenne} = \frac{\theta \text{ départ} + \theta \text{ retour}}{2}$$

- **Le coefficient de dilatation** se calcule avec les coefficients du tableau 18.1 en fonction de l'écart de température.

Tableau 18.1 – Coefficient de dilatation en fonction de la température de l'eau

Température moyenne (°C)	4	10	20	30	40	50
Coefficient de dilatation	0	0,00027	0,00177	0,00434	0,00781	0,01206

Température moyenne (°C)	60	70	80	90	100
Coefficient de dilatation	0,01698	0,0227	0,02899	0,0359	0,04312

Exemple

Si l'on considère la température de l'eau dans l'installation à l'arrêt à 10 °C (coefficient : 0,00027) et la température moyenne de l'eau dans l'installation en fonctionnement à 70 °C (coefficient : 0,0227), le coefficient de dilatation sera de :

0,002 27 – 0,000 27 = 0,022 43 soit 2,24 %

- **La puissance calorifique de l'installation** : lors de la sélection du vase d'expansion, les constructeurs précisent la puissance calorifique maximale de l'installation.

À partir de ces valeurs, on peut calculer :

- **le volume d'expansion** : volume d'eau supplémentaire due à la dilatation de l'eau. Il se calcule à l'aide de la formule suivante :

volume d'expansion = Volume de l'installation × Coefficient de dilatation

- **le volume du vase** : il se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$\textit{Volume utile du vase} = \textit{volume d'expansion} \times \frac{\textit{Pression de tarage de la soupape} + 1}{(\textit{Pression de tarage de la soupape} + 1) - (\textit{hauteur statique} + 1)}$$

Exemple

Pour une installation de 390 l, une hauteur statique de 10 mCE, une pression de tarage de la soupape à 3 bar, une température d'eau moyenne à 70 °C pour une température d'eau au départ de 10 °C et une puissance de 35 kW, les calculs sont les suivants :

Volume d'expansion : $390 \times 0{,}02243 = 8{,}7477$ l.

Volume du vase : $8{,}7477 \times \frac{3 + 1}{(3 + 1) - (1 + 1)} = 17{,}5$ l

Le vase devra avoir un volume minimum de 17,5 l.

On choisira le modèle directement supérieur, ici pour une puissance de 35 kW, on choisira le modèle 25 l (tableau 18.2).

- La **pression de gonflage** du vase devra être égale à la hauteur statique (ici 1 bar). Le gonflage du vase d'expansion doit toujours se faire à l'azote, on trouvera dans le commerce des kits comprenant un récipient d'azote sous pression équipé d'un flexible et d'un manomètre.
- La **pression de remplissage** devra être supérieure de 0,5 bar à la hauteur statique (ici 1,5 bar).

Le fait de remplir l'installation d'eau avec une pression supérieure à la pression de gonflage du vase (hauteur statique) permet de créer une pression au point le plus haut de l'installation d'au moins 0,5 bar ; tous les points du réseau sont ainsi sous pression (notamment le purgeur d'air).

Lors du remplissage, de l'eau pénètre à l'intérieur du vase (car la pression est plus faible) jusqu'à ce que les pressions s'équilibrent (pression d'air et pression d'eau), ce volume d'eau contenu dans le vase lors du remplissage permet de constituer une **réserve d'eau** qui servira à compenser les petites fuites éventuelles qui se produisent lors d'une mise en service ainsi que la perte de volume due à la fin du dégazage de l'installation qui aura lieu lors de la mise en chauffe (vaporisation des gaz dissous dans l'eau sous l'effet de la chaleur).

Dans la pratique

Lors du remplissage d'une installation de chauffage, en observant le manomètre (pression d'eau), on pourra constater que l'aiguille marque un « arrêt » à la pression de gonflage du vase. Lorsque le vase se remplit d'eau, la pression exercée par l'azote se lit sur le manomètre du circuit d'eau. Dès que l'on dépasse la valeur de gonflage du vase d'expansion, l'aiguille du manomètre du circuit d'eau se met à nouveau à grimper. Le même phénomène est observé lors de la vidange d'une installation.
Cette mesure simple permet de connaître la pression du vase même si l'on a oublié le manomètre approprié (figure 18.9).

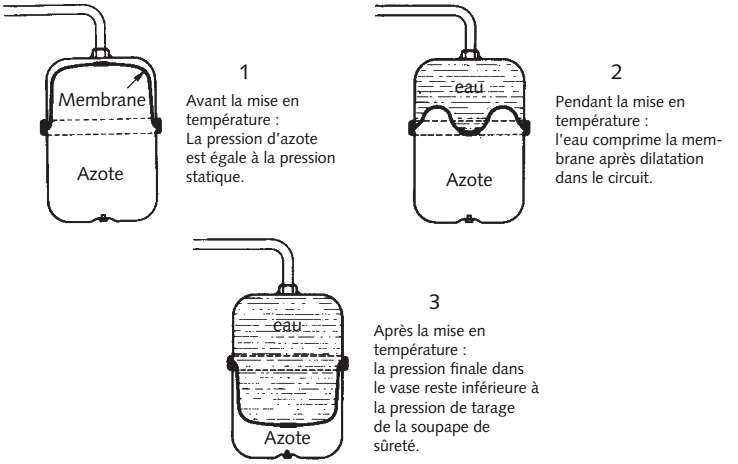


Figure 18.9 – Fonctionnement d'un vase d'expansion à membrane sous pression d'azote (documentation LMT)

Lorsque la hauteur statique est supérieure à 30 m (pression de tarage de la soupape), il faudra choisir une soupape ayant une pression de tarage au moins supérieure de 1 bar à la pression statique ou supérieure de 0,5 bar à la pression de remplissage pour éviter qu'elle ne s'ouvre lors de la montée en température de l'installation.

La pose d'une soupape tarée à 4 bar permet d'avoir des hauteurs manométriques plus importantes ou de réduire la taille du vase.

Au-delà d'une pression de tarage de 4 bar, les vases d'expansion devront être CE 10 bar et faire l'objet d'un calcul.

Dans la pratique

Pour dimensionner rapidement un vase d'expansion, on utilisera les tableaux de sélection rapide fournis par les constructeurs. Le tableau 18.2 en donne un exemple.

Tableau 18.2 – Détermination rapide d'un vase d'expansion sur une installation de chauffage (Documentation Thermador)

Vase		Installation, soupape tarée à 3 bar hauteur statique jusqu'à:						Installation, soupape tarée à 4 bar hauteur statique jusqu'à:					
		5 m		10 m		15 m		15 m		20 m		25 m	
		Le vase doit être prégonflé à 0,5 bar		Le vase doit être prégonflé à 1 bar		Le vase doit être prégonflé à 1,5 bar		Le vase doit être prégonflé à 1,5 bar		Le vase doit être prégonflé à 2 bar		Le vase doit être prégonflé à 2,5 bar	
Capacité	Prégonflage	Puissance	Capacité	Puissance	Capacité	Puissance	Capacité	Puissance	Capacité	Puissance	Capacité	Puissance	Capacité
litre	bar	kW	litre	kW	litre	kW	litre	kW	litre	kW	litre	kW	litre
4	0,5	8	**86**	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	0,5	17	**172**	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	1	25	**259**	20	**207**	–	–	–	–	–	–	–	–
18	1	38	**388**	30	**310**	–	–	–	–	–	–	–	–
25	1	52	**539**	42	**431**	–	–	–	–	–	–	–	–
35	1,5	73	**755**	58	**604**	44	**453**	58	**604**	–	–	–	–
50	1,5	104	**1078**	83	**862**	63	**647**	83	**862**	–	–	–	–
80	2	167	**1725**	133	**1380**	100	**1035**	133	**1380**	107	**1104**	–	–
105	2	219	**2264**	175	**1811**	131	**1358**	175	**1811**	140	**1449**	–	–
150	2	313	**3234**	250	**2587**	188	**1940**	250	**2587**	200	**2070**	–	–
200	2,5	417	**4312**	333	**3449**	250	**2587**	333	**3449**	267	**2760**	200	**2070**
250	2,5	521	**5390**	417	**4312**	313	**3234**	417	**4312**	333	**3449**	250	**2587**
300	2,5	625	**6468**	500	**5174**	375	**3881**	500	**5174**	400	**4139**	300	**3105**
400	2,5	834	**8624**	667	**6899**	500	**5174**	667	**6899**	534	**5519**	400	**4139**
500	2,5	1042	**10780**	834	**8624**	625	**6468**	834	**8624**	667	**6899**	500	**5174**
600	2,5	1250	**12935**	1000	**10348**	750	**7761**	1000	**10348**	800	**8279**	600	**6209**
750	2,5	1563	**16170**	1251	**12936**	938	**9702**	1251	**12936**	1000	**10348**	750	**7761**
1000	2,5	2084	**21560**	1668	**17248**	1250	**12936**	1668	**17248**	1334	**13798**	1000	**10348**

Exemple

En reprenant une installation de 390 l, une hauteur statique de 10 mCE, une pression de tarage de la soupape à 3 bar, une température d'eau moyenne à 70 °C pour une température d'eau au départ de 10 °C, une puissance de 35 kW, la lecture du tableau 18.2 est la suivante :
Dans la colonne soupape tarée à 3 bar, hauteur statique 10 m, la capacité directement supérieure à 390 l est 431 l pour une puissance admissible de 42 kW, la capacité du vase sera de 25 l (colonne de gauche), pour un vase prégonflé à 1 bar.

1.7 Circulateur

Le circulateur de chauffage assure le **débit d'eau** (et donc la puissance) dans l'installation et fournit une **pression** suffisante (hauteur manométrique Hmt) pour vaincre les pertes de charge de l'installation (et « pousser » l'eau jusqu'au point le plus éloigné). L'eau doit toujours circuler dans un circulateur à rotor noyé car c'est elle qui (même à 80 °C) refroidit le moteur.

Se reporter au chapitre sur les pompes centrifuges.

1.8 Vanne manuelle de commande d'appareil

Elle permet la mise en service ou l'arrêt de l'émetteur en autorisant ou non le passage de l'eau.

1.9 Émetteur

Radiateur, ventilo-convecteur…, il émet la chaleur dans la pièce pour compenser les déperditions et maintenir la température de confort désirée. Il est dimensionné pour fonctionner à un débit et un écart de température (température entrée – température sortie) donné par le fabricant.

La courbe de la figure 18.10 montre que la baisse de 20 à 40 % du débit dans l'émetteur entraîne une baisse de la puissance de seulement 10 %, soit une chute de température dans les locaux d'environ 1 °C.

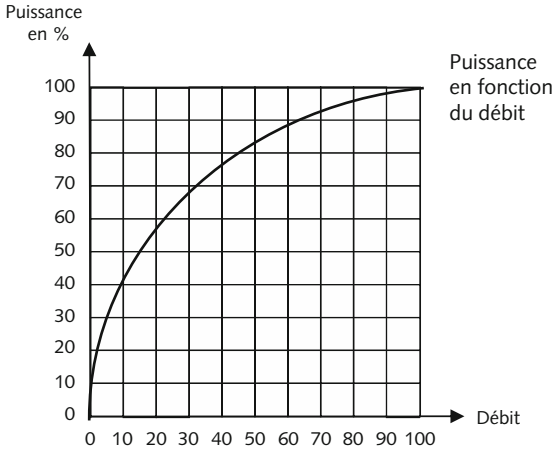


Figure 18.10 – Courbe caractéristique d'un émetteur de chaleur

1.10 VANNE DE RÉGLAGE (TÉ DE RÉGLAGE)

Elle permet de régler le débit q_v dans l'appareil, pour régler la puissance, la formule de la puissance est :

$$P = 1{,}163\ q_v \cdot \Delta\theta$$

P en kW ; q_v en m^3/h ; $\Delta\theta$ en °C

1.11 TUYAUTERIE DÉPART (ALLER)

Elle permet le transport de l'eau de la chaudière à l'émetteur.

1.12 TUYAUTERIE RETOUR

Elle permet le transport de l'eau de l'émetteur vers la chaudière où elle sera de nouveau réchauffée.

1.13 SOUPAPE DIFFÉRENTIELLE

Son installation est conseillée sur un by-pass reliant les tuyauteries départ et retour. Elle permet d'assurer la circulation de l'eau dans le circuit (chaudière et circulateur) en cas de fermeture de toutes les vannes de commande manuelle d'appareils. Le circulateur de chauffage étant

refroidi par l'eau qui circule, il serait endommagé sans la présence de cette soupape. La soupape est normalement fermée (figure 18.11). Lorsque toutes les vannes de commandes d'appareils se ferment, la différence de pression entre la tuyauterie départ et la tuyauterie retour augmente, la soupape s'ouvre, l'eau continue de circuler dans l'installation.

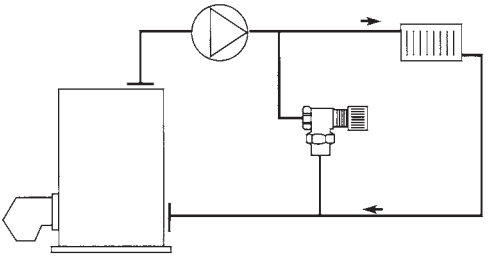


Figure 18.11 – Soupape différentielle (Documentation Thermador)

D'une manière plus générale, lorsque certains radiateurs se ferment (manuellement ou sous l'action des robinets thermostatiques), le point de fonctionnement de l'installation change, la vitesse de l'eau dans les radiateurs encore alimentés augmente ce qui provoque des bruits dans les tuyauteries et robinetteries.

La soupape assure un débit minimum dans la chaudière et le circulateur, elle est particulièrement recommandée pour les chaudières murales qui ont des corps de chauffe contenant très peu d'eau. Pour ces chaudières, le débit minimum est encore plus important pour éviter les risques de surchauffe de l'échangeur. La soupape différentielle est souvent intégrée à l'appareil par le constructeur.

1.14 Disconnecteur

C'est un dispositif **anti-pollution** équipé de deux clapets anti-retour avec une mise à la vidange entre les deux. Il permet le remplissage en eau de l'installation de chauffage et interdit tout retour d'eau polluée vers l'installation d'eau potable. Les deux vannes situées de chaque côté du disconnecteur sont des vannes normalement fermées (elles sont représentées en noir sur la figure 18.2), on ne les ouvre que lors du remplissage de l'installation.

1.15 COFFRET DE COMMANDE DE LA CHAUDIÈRE

Situé dans la chaudière, il gère le fonctionnement du brûleur et du circulateur en fonction de la température de consigne réglée à l'aquastat (figure 18.12).

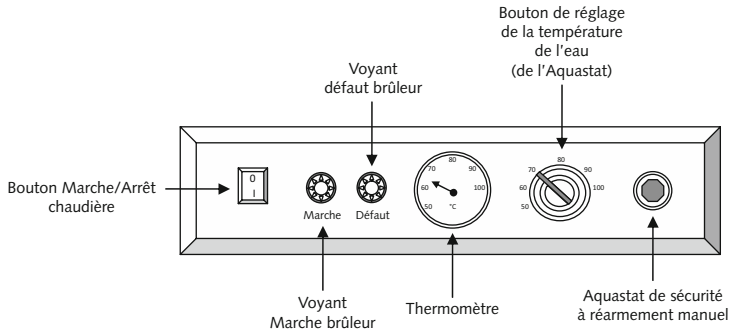


Figure 18.12 – Coffret de commande de la chaudière

1.16 THERMOSTAT (AQUASTAT) DE RÉGULATION – DEMANDE – TR

Il contrôle la température de l'eau dans la chaudière. Sous l'effet de la chaleur, un contact électrique se ferme pour commander le fonctionnement du brûleur et/ou de la pompe lorsque la température devient inférieure à la valeur de consigne. La consigne (température demandée) se règle à l'aide du bouton situé en façade de l'appareil.

1.17 THERMOSTAT (AQUASTAT) DE SÉCURITÉ – SURCHAUFFE – TS

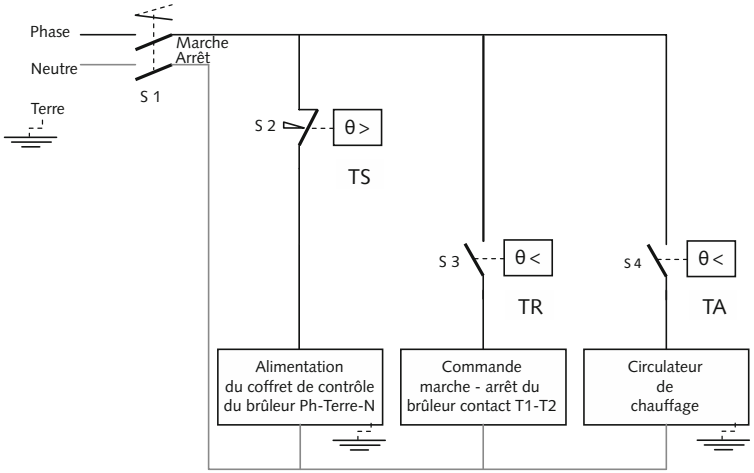
C'est un thermostat qui permet d'éviter la surchauffe de l'appareil si la température de l'eau dépasse sa valeur de consigne (déclenchement de la surchauffe entre 95 et 105 °C). Il y a dans ce cas risque de production de vapeur dans l'installation. Un contact électrique s'ouvre lorsque la température dépasse la consigne, ce qui provoque l'arrêt de la chaudière et sa mise en sécurité. Son réarmement est manuel (il faut appuyer sur le bouton-poussoir pour refermer le contact lorsque la température a diminuée). Dans tous les cas, il faudra trouver la cause de son déclenchement.

Le circulateur est maintenu sous tension pour permettre d'évacuer plus rapidement la chaleur de la chaudière.

1.18 Thermostat d'ambiance – TA

Il contrôle la température de la pièce. Sous l'effet de la température, un contact électrique se ferme pour commander la remise en route du système de chauffage lorsque la température devient inférieure à la température de consigne (généralement 19 °C). Il peut commander le brûleur seul, le brûleur et la pompe, ou la pompe seulement.

Le schéma électrique d'un coffret de commande de chaudière est représenté sur la figure 18.13.



S1 : interrupteur marche - arrêt de la chaudière

S2 : thermostat de sécurité 105°C

S3 : thermostat de régulation (température de consigne réglable)

S4 : thermostat d'ambiance : placé dans la pièce, il contrôle la température et met en marche le circulateur de chauffage lorsque la température mesurée est inférieure à sa température de consigne.

Figure 18.13 – Schéma électrique d'un coffret de commande d'une chaudière (chauffage seul), brûleur à air pulsé. Commande du circulateur par le thermostat d'ambiance

Il est bien entendu possible de commander le fonctionnement de l'installation d'une manière différente (commande du brûleur par le thermostat d'ambiance…).

1.19 Manomètre

Il permet de contrôler la pression dans l'installation.

2 Distributions de chauffage

On distingue différentes manières de réaliser une installation de chauffage.

2.1 Distribution en parallèle : Bitube

L'eau circule dans deux tuyauteries communes (départ et retour) sur lesquelles sont branchés les appareils (figure 18.14).

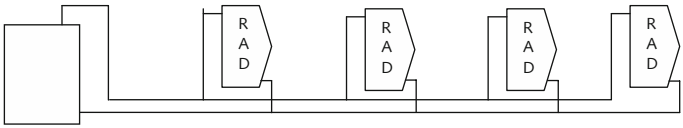


Figure 18.14 – Distribution en parallèle : Bitube

2.2 Distribution en série : Monotube dérivé

L'eau passe dans un répartiteur, une partie de l'eau traverse le radiateur puis continu jusqu'à l'appareil suivant. La température diminue donc au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la chaudière (figure 18.15).

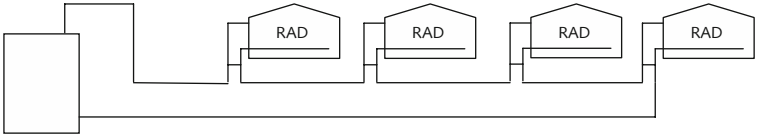


Figure 18.15 – Distribution en série : Monotube dérivé

2.3 Distribution par collecteur

Tous les appareils sont alimentés à partir d'un collecteur (ou nourrice) par une tuyauterie individuelle (figure 18.16).

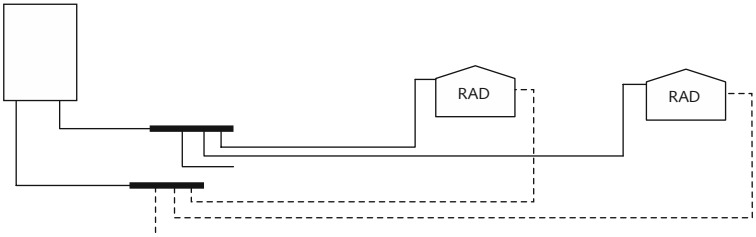


Figure 18.16 – Distribution par collecteur

2.4 Distribution en parapluie

Elle est identique à la distribution par collecteur, mais est utilisée en rénovation, en passant par les combles.

2.5 Ancienne distribution en thermosiphon

Pente montante de 2 à 3 mm par mètre vers les points hauts. Les tubes utilisés sont de gros diamètre, la contenance en eau est plus importante. Il faut souvent redimensionner le vase d'expansion (figure 18.17).

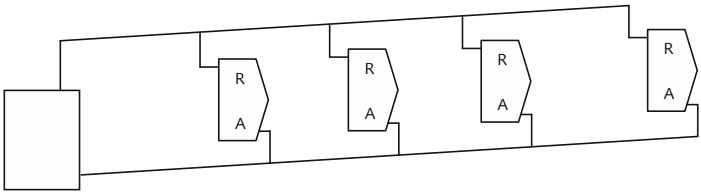


Figure 18.17 – Distribution en thermosiphon

2.6 Plancher chauffant basse température (PCBT)

Le plancher chauffant est un cas particulier :

- La distribution se fait par collecteur.
- Les longueurs de tube sont plus importantes, les pertes de charge aussi.

- Les pompes fournies dans les chaudières murales sont bien souvent insuffisantes.
- L'équilibrage est très important car la température de surface du plancher ne doit pas dépasser 28 °C ce qui correspond à une température d'eau maximale de 50 °C.
- Il fait toujours l'objet d'une étude préalable pour le calcul des tracés et des débits.

3 Évolution d'une installation de chauffage

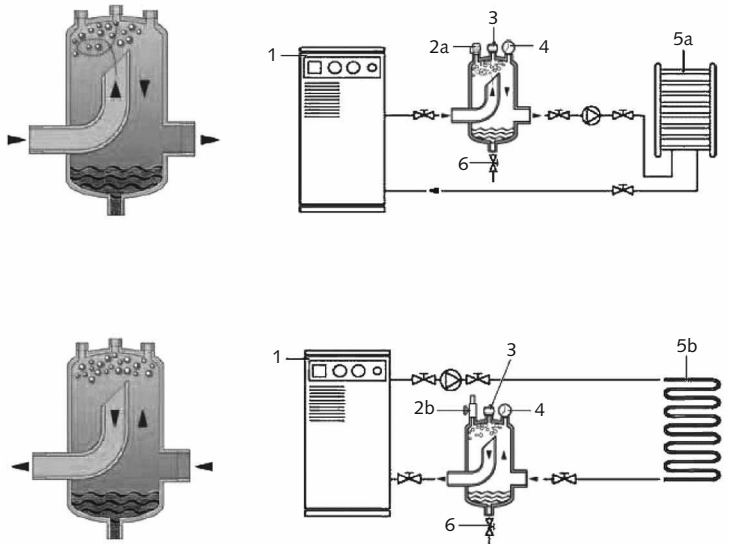
L'installation de chauffage évolue dans le temps en fonction des conditions de fonctionnement :

- L'embouage rendra le réseau plus résistant, ce qui diminuera le débit et les échanges thermiques.
- L'ouverture (ou la fermeture) de robinets modifiera les caractéristiques du réseau et donc le point de fonctionnement.
- L'usure de la pompe provoquera une baisse de ses caractéristiques hydrauliques et donc une baisse de hauteur manométrique et une baisse de débit.
- Le remplacement de la chaudière classique par une chaudière à condensation nécessitera un nouveau calcul de débit (la température étant plus basse, il faudra adapter les réglages de l'installation).
- Le mauvais positionnement de la pompe provoquera une usure de l'axe et une vibration.

■ Élimination des boues

Dans les installations de chauffage ou de climatisation, on utilise des décanteurs ou pots à boues pour piéger les particules en suspension et les évacuer par vidange manuelle.

En général, on réduit la vitesse de passage du fluide en augmentant le diamètre dans le décanteur pour laisser le temps aux particules les plus lourdes de se déposer au fond (figure 18.18). Ils s'installent sur le départ (lorsqu'ils ont aussi la fonction purgeur d'air) pour les régimes d'eau 80-60 °C, sur le retour dans les autres cas.



Légende
1 chaudière
2a soupape
2b robinet de remplissages
3 purgeur automatique
4 manomètre
5a circuit radiateurs
5b circuit sol
6 robinet de vidange

Figure 18.18 – Pot à boues purgeur d'air Thermador

On peut utiliser aussi un effet cyclonique qui va projeter les particules contre les parois et leur permettre de se déposer au fond du pot. Ils nécessitent un entretien régulier (vidange, nettoyage…).

Rappel

Si la soupape de sécurité est montée sur le pot de décantation (repère 2a figure 18.18), il ne devra pas y avoir de vanne entre le pot et la chaudière.

Un filtre magnétique qui va piéger les particules métalliques en suspension est recommandé pour les installations de chauffage ou d'eau glacée, il nécessite un entretien plus particulier (figure 18.19).

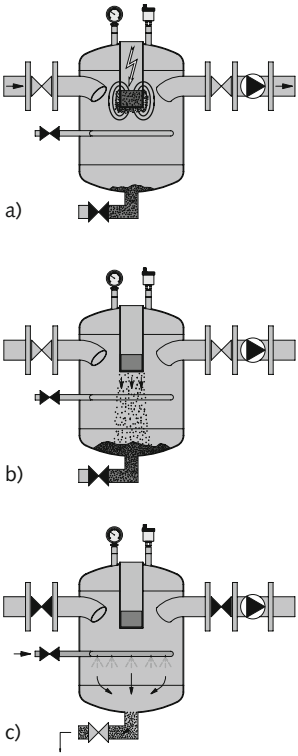


Figure 18.19 – Filtre magnétique Charot
a) aimant alimenté : les particules métalliques sont piégées ;
b) arrêt de la circulation d'eau et mise hors tension de l'aimant : les particules tombent au fond du pot de décantation ;
c) fermeture des vannes, vidange des dépôts et rinçage du pot de décantation grâce à l'alimentation de la rampe de rinçage

Pour les grosses installations, afin d'éviter de créer des pertes de charge trop importantes sur le circuit. On utilisera des filtres montés en dérivation pour ne filtrer qu'une partie de l'eau en circulation, l'entretien s'effectuera sans arrêt de l'installation.

On pourra aussi utiliser des filtres à chaussette qui nécessitent un démontage et un lavage régulier.

Le phénomène d'embouage dans les installations de chauffage est principalement dû à la formation d'oxyde de fer (corrosion des tuyauteries en acier). Les dépôts vont provoquer une corrosion par aération différentielle. Il existe des techniques qui visent à augmenter le pH (alcalinisation de l'eau) pour créer une protection de surface (passivation du métal).

Quel que soit le traitement, il faudra prévoir un dispositif permettant d'évacuer les boues.

4 Puissance d'une installation

La détermination des équipements d'une installation de chauffage se fait à partir du bilan thermique du bâtiment à chauffer. L'installation de chauffage a pour but de compenser les déperditions, sa puissance doit varier au cours de la saison de chauffage (variation des besoins en fonction des conditions météorologiques). On préférera des systèmes à puissance variable qui s'adaptent aux conditions climatiques.

La puissance installée dans une grande majorité des anciennes installations (d'avant 2005) en fonctionnement est supérieure de 20 % aux déperditions calculées, ceci pour plusieurs raisons :

- réalisation d'un bilan thermique simplifié (calcul approximatif) ;
- surdimensionnement des émetteurs ;
- surdimensionnement de la chaudière, sans réglage de la puissance ;
- marge de sécurité par rapport à la température minimale prise en compte.

Ces différents facteurs conduisent à une surconsommation de l'installation de chauffage (surconsommation du circulateur, court cycle de la chaudière...).

5 Règles générales

Voici quelques règles de base à respecter.

5.1 Compatibilité des matériaux

Le contact direct du cuivre (laiton, alliages…) et de l'aluminium (ou alliage) est interdit. Il faudra installer entre ces deux matériaux des raccords en fonte ou en acier non galvanisé.

Le passage des tuyauteries est interdit dans :

- les conduits de fumées ou leurs parois ;
- les conduits de ventilation ou leurs parois (la traversée peut être autorisée s'il n'y a pas de risque de gel).

Les tuyauteries en acier noir posées dans un vide sanitaire non ventilé devront être calorifugées.

Si la température est supérieure à 60 °C, les canalisations enrobées, encastrées ou engravées doivent être posées sous fourreau.

Si la température est inférieure ou égale à 60 °C, les canalisations enrobées, encastrées ou engravées peuvent être posées sous fourreau, sans fourreau ou avec gainage (pour les tuyauteries en cuivre).

5.2 Essais

La pression d'essai doit être d'au moins 6 bar et de 1,5 fois la pression de service, elle doit durer :

- 30 minutes + le temps d'inspecter la totalité des tuyauteries ;
- ou 2 heures sans baisse de pression.

Les parties inaccessibles doivent être testées avant d'être recouvertes.

Les réseaux des parties communes doivent être nettoyés et rincés (remplissage et vidange de l'installation) avant la mise en service. Puis la mise en eau et la purge d'air doivent être réalisées.

Un contrôle d'étanchéité (contrôle des fuites) est effectué lors de la mise en température. Toutes les robinetteries doivent être manœuvrées pour contrôler leur bon fonctionnement.

19
INSTALLATIONS DE CLIMATISATION

Il n'est pas possible dans le présent chapitre de traiter toute la partie climatisation, qui nécessite un ouvrage à elle seule. De plus en plus d'installateurs sont amenés à réaliser des installations de climatisation afin de diversifier leurs activités ou lors de l'installation d'un CETI. De plus, la RT 2012 impose l'utilisation d'énergies renouvelables, ce qui favorise l'utilisation de pompes à chaleur (PAC).

L'origine du terme PAC provient de l'utilisation des premiers appareils Air-Eau destinés exclusivement au chauffage. Ils « pompaient » la chaleur à l'extérieur pour la restituer à l'intérieur. Aujourd'hui, la majorité des appareils est réversible.

Nous ne rappellerons que les principes de base d'une installation de climatisation ainsi que les différents types d'installations.

Chaque installateur devra entretenir des relations de partenariat avec les constructeurs sélectionnés afin de mieux connaître le matériel et les règles de pose et se tenir au courant des évolutions réglementaires.

Il devra, pour pouvoir manipuler les fluides frigorigènes, être titulaire d'une **attestation de capacité**.

1 Principes de fonctionnement d'une installation

Une installation de climatisation utilise un fluide frigorigène, qui a la capacité de changer d'état en fonction des pressions et des températures dans le circuit. Elle est constituée de deux échangeurs, d'un compresseur, d'un détendeur et un système de régulation (figure 19.1).

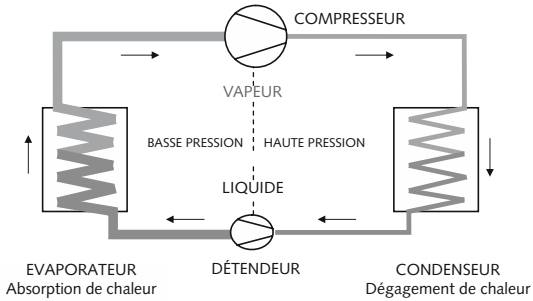


Figure 19.1 – Installation de climatisation

Lorsque le fluide se vaporise, il absorbe la chaleur (comme l'eau dans la casserole absorbe la chaleur du brûleur). Il passe entièrement de l'état liquide à l'état vapeur avant de sortir de l'échangeur (évaporateur).

Le compresseur augmente la pression et réchauffe le fluide sous forme de vapeur, il l'envoie vers le condenseur.

Dans le condenseur, le fluide sous pression et très chaud se refroidit par échange avec l'air, il se condense entièrement.

Le détendeur baisse la pression du fluide, ce qui permet à nouveau sa vaporisation dans l'évaporateur.

On utilise la relation pression-température du fluide (un fluide se vaporise à une température qui varie en fonction de la pression).

En mode climatisation, le fluide se vaporise dans l'unité intérieure et absorbe la chaleur de l'air de la pièce ; en mode chauffage, le fluide se condense dans l'unité intérieure et dégage de la chaleur. Le changement du cycle s'effectue à l'aide d'une vanne 4 voies (non représentée sur la figure 19.1).

La puissance frigorifique nominale est donnée pour une température extérieure de +35 °C et une température intérieure de +27 °C. Les performances en mode froid sont données par le EER (*Energy Efficiency Ratio*) qui représente le rapport entre l'énergie fournie (à l'évaporateur) et celle fournie au compresseur.

La puissance calorifique nominale est donnée pour une température extérieure de +7 °C et une température intérieure de +20 °C. Les performances en mode chaud sont données par le COP (coefficient de performance) qui représente le rapport entre la puissance thermique fournie et la puissance électrique consommée :

$$\text{COP} = \frac{\textit{Puissance thermique fournie}}{\textit{Puissance électrique consommée}}$$

Un COP de 4 signifie que l'appareil produit 4 kW de chaleur lorsqu'il consomme 1 kW électrique. On trouve aujourd'hui des appareils domestiques qui atteignent des COP de 5 à 7.

Les performances diminuent lorsque la température extérieure diminue (il faut alors dégivrer l'échangeur extérieur). Certains fabricants dimensionnent leurs échangeurs pour limiter la prise en glace de l'évaporateur.

On distingue :

- **les systèmes Air-Air :** mono-split (une seule pièce), multi-split (plusieurs pièces), centralisé (la totalité du bâtiment)… L'échange se fait sur l'air intérieur et sur l'air extérieur ;
- **les systèmes Air-Eau :** l'échange se fait sur l'air à l'extérieur et sur l'eau à l'intérieur (eau chaude sanitaire, plancher chauffant, radiateurs basse température…) ;
- **les systèmes Eau-Eau** : l'échange se fait sur l'eau à l'extérieur (nappe phréatique, eau perdue…) ;
- **les systèmes géothermiques :** l'échange se fait sur un échangeur enterré dans le sol (puits profond, capteur de surface…).

On utilise aujourd'hui la technologie Inverter qui permet de moduler la puissance du compresseur en fonction des besoins, pour éviter des cycles en tout ou rien.

Les tuyauteries des installations de conditionnement d'air seront calorifugées ; dans tous les cas, elles seront protégées par un pare-vapeur.

2 Puits canadiens

Le système du puits canadien utilise l'énergie du sol (à 2 m de profondeur, la température du sol est constante), pour réchauffer l'air en hiver et le rafraîchir en été. En demi-saison, un by-pass permet de ne pas passer par le puits canadien.

S'il est réalisé à la construction, il représente un faible surcoût mais permet, si l'installation est bien dimensionnée, de rafraîchir suffisamment l'habitation pour pouvoir se passer de climatisation en été et de réduire la consommation de chauffage en hiver.

3 Pulvérisateurs – Brumisateurs

Les pulvérisateurs forment un brouillard d'eau formé de très fines gouttelettes qui s'évaporent sous l'effet de la chaleur avant d'atteindre le sol. Cela permet d'abaisser la température sur les terrasses des cafés ou dans les bâtiments comportant de gros volumes (gare…).

On trouve des pulvérisateur basse pression fonctionnant à une pression comprise entre 1 et 3 bar et des pulvérisateur haute pression fonctionnement à des pressions de plusieurs dizaines de bars. Dans tous les cas, il faudra s'assurer de la qualité de l'eau (faiblement minérale, filtrée …) afin d'éviter de boucher l'orifice du pulvérisateur.

Le système devra comporter une soupape de décharge qui permettra d'évacuer l'eau lorsque la pression baisse pour éviter un goutte-à-goutte au pulvérisateur, et être conçue pour éviter le développement de légionelles dans des parties d'eau stagnante.

La pulvérisation se fera de manière intermittente pour permettre aux gouttelettes d'eau de s'évaporer afin de ne pas créer une humilité trop importante au sol. Le volume d'air rafraîchi par ces dispositifs devrait être ventilé correctement pour éviter l'augmentation de l'humidité ambiante et les conséquences que cela pourrait avoir.

Ces pulvérisateurs se placent sur des tuyauteries fixes ou mobiles, intégrés dans des systèmes de ventilation… On trouve aujourd'hui sur le marché de nombreux modèles (figure 19.2).

Dans les diamètres de 8/13 à 26/34, pour des pressions de 1 à 5 bars, les pulvérisateurs débitent de 1 à 90 l/mn.

Figure 19.2 – Pulvérisateur Comap

20
RÉGULATION

Voici quelques principes de base de la régulation.

Le but d'une régulation est de **maintenir automatiquement** (sans intervention manuelle) **à une valeur donnée** (point de consigne) **une grandeur physique** (grandeur à régler**:** pour nous la température, la pression, l'humidité…) **soumise à des perturbations** (apports ou déperditions).

Elle doit réagir suffisamment vite, mais pas trop car cela rendrait le fonctionnement du système instable.

Nous prendrons comme exemple une régulation de température. Une régulation de température comporte plusieurs éléments**:**

- Le **détecteur qui mesure** la **grandeur à régler** (température) et envoie l'information au régulateur.
- Le **régulateur qui compare** la valeur envoyée par le détecteur au **point de consigne**. En fonction de l'**écart**, il agit sur l'organe de réglage et modifie la valeur de réglage (Y).
- L'**organe de réglage** (contacteur, vanne motorisée, circulateur…) **qui agit** en fonction de l'ordre du régulateur et corrige le fonctionnement de l'émetteur de chaleur.
- L'**émetteur de chaleur** dont l'émission augmente ou diminue en fonction de l'action de l'organe de réglage pour corriger l'écart de température entre la température mesurée et le point de consigne.

1 Boucle de régulation

On distingue deux principaux types de boucles de régulation.

1.1 Boucle de régulation fermée

La régulation agit directement sur la valeur mesurée (figures 20.1 et 20.2).

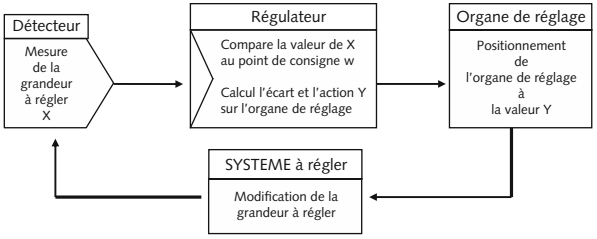


Figure 20.1 – Boucle de régulation fermée

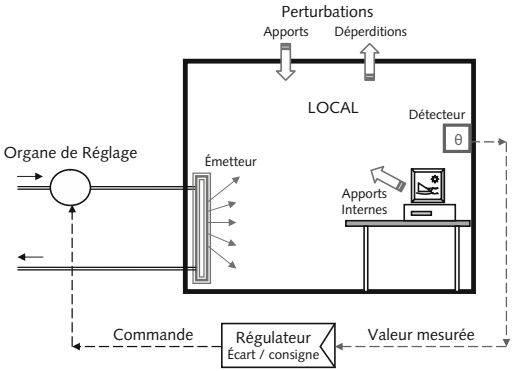


Figure 20.2 – Schéma de principe d'une boucle de régulation fermée

On souhaite maintenir la température d'un local à la valeur de consigne.

En fonction de la **température mesurée**, le **régulateur** va agir sur **l'organe de réglage** (brûleur, circulateur, vanne trois voies…) pour modifier la puissance de l'émetteur en prenant en compte les **perturbations** qui influencent l'ambiance du local.

La régulation va modifier la température du local qui va de nouveau être mesurée par le détecteur : la boucle est dite fermée.

L'inertie du bâtiment et des équipements fait que l'information circule à une vitesse relativement lente.

L'action de l'ensemble du système reste longue et on observe un décalage dans le temps entre la mesure et l'action sur le système, on parle de **temps mort**.

1.2 BOUCLE DE RÉGULATION OUVERTE

La régulation agit en fonction d'une loi de chauffe (calcul) et des valeurs de réglage fixées par le technicien (on ne mesure pas la valeur sur laquelle on agit).

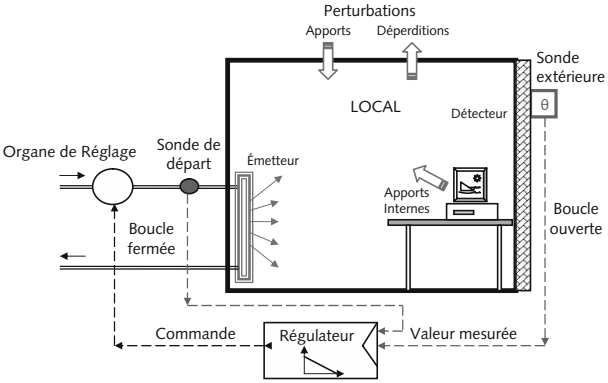


Figure 20.3 – Schéma de principe d'une boucle de régulation ouverte

Lorsqu'on ne peut pas mesurer la température dans un local (bâtiment collectif, plancher chauffant avec un temps de réaction lent…), on utilisera un capteur qui mesurera la température extérieure car la puissance à apporter est égale aux déperditions, qui dépendent de la température extérieure. Le régulateur va régler l'émission de chaleur en fonction des déperditions calculées (figure 20.3). La boucle est dite ouverte. Elle est gérée par une loi d'eau qui définit la température départ en fonction de la température extérieure de référence (figure 20.4). La température

départ maximum est définie par le type d'installation (80 °C pour des radiateurs, 50 °C pour un plancher chauffant…). La température de non-chauffage est de 19 °C (à 19 °C, il n'y a plus d'échange avec l'air extérieur et avec les radiateurs).

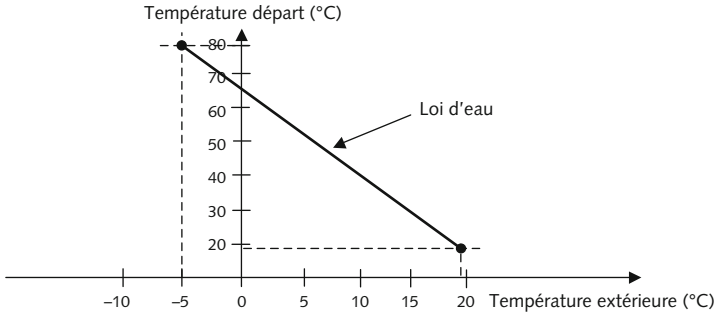


Figure 20.4 – Loi d'eau pour une boucle de régulation ouverte

1.3 Boucle de régulation mixte

Dans la pratique

On ajoute à l'installation précédente une sonde intérieure qui va modifier le point de consigne pour mieux prendre en compte tous les apports ou déperditions qui viennent perturber la température du local. On parle de **thermostat limiteur** (c'est en fait une sonde de température, une thermistance) qui vient baisser le fonctionnement du chauffage lorsque les apports sont trop importants (cheminée, réception, soleil...) ou l'augmenter si les déperditions augmentent (fenêtres ouvertes…).

L'évolution des installations, des techniques et des matériels, a donné naissance à un grand nombre de systèmes de régulations.

Le choix s'effectuera en fonctions de différents critères.

- le niveau de confort souhaité ;
- le coût de l'installation ;
- les contraintes techniques (passage de câbles, nombres de pièces…) ;
- le type d'émetteur ;

- le type de production de chaleur ;
- l'usage des locaux.

La performance de la régulation dépendra des points suivants :

- le temps de réponse du détecteur ;
- la sensibilité du régulateur ;
- la constante de temps du système (temps nécessaire pour compenser les 2/3 de la variation de température), elle dépend de l'inertie du système ;
- l'autorité de l'organe de réglage (action effective sur toute la longueur de sa course)
- la vitesse d'action de l'organe de réglage ;
- le différentiel (ou bande proportionnelle) du régulateur (écart entre les valeurs marche-arrêt ;
- les réglages possibles sur les différents points, notamment sur la valeur de la consigne.

Plus un système sera difficile à régler, plus la régulation devra être performante. Pour effectuer ce choix, il faut bien connaître les différents types de régulations et faire confiance aux solutions proposées par les constructeurs.

2 Types de régulations

On distingue deux **principaux modes d'action d'une régulation :**

- **Les régulateurs non progressifs :**
  - régulateur tout ou rien (type thermostat d'ambiance),
  - régulateur à positions multiples (les régulateurs tout ou rien chronoproportionnel – modulation en fonction du temps – sont considérés comme progressifs).
- **Les régulateurs progressifs :**
  - régulateur flottant,
  - régulateur proportionnel (P),
  - régulateur intégral (I),
  - régulateur proportionnel-intégral (PI),
  - régulateur proportionnel-intégral-dérivé (PID).

2.1 Régulation tout ou rien (TOR)

C'est une régulation à deux positions (figure 20.5), par exemple Régulation par thermostat d'ambiance avec action sur le circulateur, le brûleur ou une vanne 2 voies, régulation d'un ballon d'ECS sanitaire, d'un ensemble de panneaux solaires...

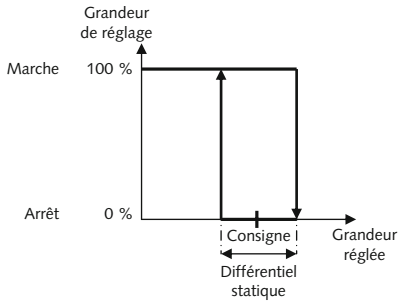


Figure 20.5 – Différentiel statique d'un régulateur TOR

Dans ce type de régulation, si le thermostat d'ambiance est réglé à 19 °C en température de consigne, son différentiel statique est généralement de ±1 °C (voir documentations constructeurs).

La régulation ne peut pas faire de correction exacte, la température va osciller de façon cyclique (figure 20.6).

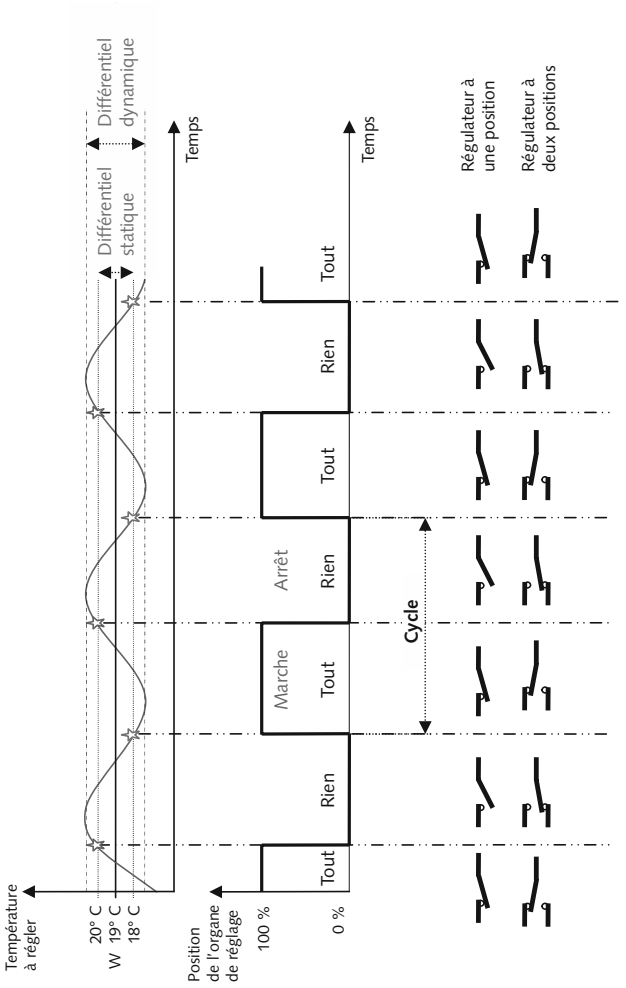


Figure 20.6 – Évolution des températures dans un local – régulation tout ou rien

Les **régulateurs à une position** sont utilisés pour les commandes directes (circulateur, brûleur, électrovanne…).

Les **régulateurs à deux positions** sont utilisés pour la commande de moteurs à deux sens de rotation (moteurs vannes deux ou trois voies, registres motorisés…).

Dans cet exemple :

- Le **différentiel statique** (18-20 °C) est dû à l'appareil utilisé (écart entre l'ouverture et la fermeture du contact).
- Le **différentiel dynamique** (17-21 °C) est dû à l'inertie du système (temps de réaction…).

La température du local variera entre 17 et 21 °C selon l'inertie du système (installation + bâtiment).

Si le temps de réaction du système est trop court, le cycle de variation va devenir beaucoup plus court et l'alternance marche-arrêt sera trop rapide, ce qui provoquera une usure du régulateur et de l'organe de réglage.

On dit que **le système pompe** (figure 20.7).

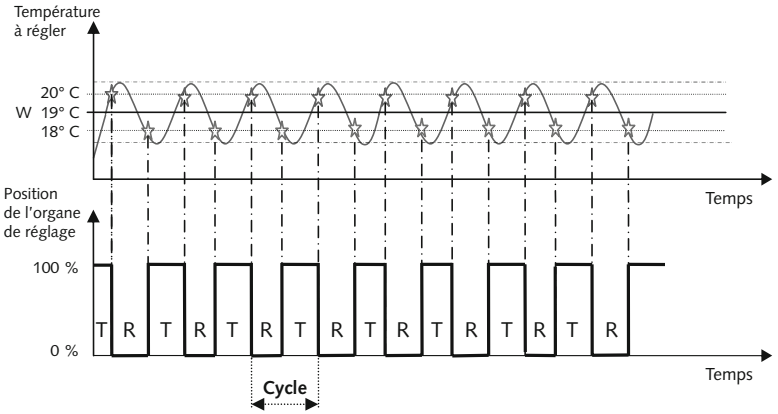


Figure 20.7 – Phénomène de pompage sur une régulation en tout ou rien

Dans ces conditions, l'usure de l'installation sera plus rapide, la régulation n'étant plus performante : le rendement global sera moins bon, le confort ne sera pas satisfaisant.

2.2 Régulation à position multiple

C'est une régulation à plusieurs étages avec une zone neutre entre chaque étage (figure 20.8), par exemple brûleur 2 allures, chaudière électrique, cascade de chaudières...

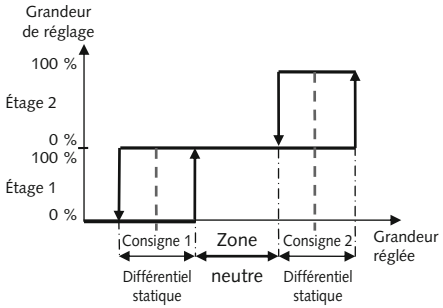


Figure 20.8 – Différentiel statique d'un régulateur TOR à étage

Lorsqu'on augmente le nombre d'étages, on se rapproche d'une régulation progressive proportionnelle (figure 20.9).

Le système fonctionne d'abord en première allure, la deuxième allure n'est utilisée que pour les besoins plus importants.

Application

Sur un brûleur 2 allures, la consigne 1re allure sera à 80 °C et la consigne 2e allure à 75 °C (on garde généralement un écart de 5 °C entre les deux allures).

Si chaque thermostat a un différentiel statique de 2 °C, on aura une zone neutre de 3 °C.

La température de l'eau sortie chaudière variera entre 73 et 82 °C en fonction de la variation de la température de l'eau retour chaudière (en fonction des besoins de chauffage).

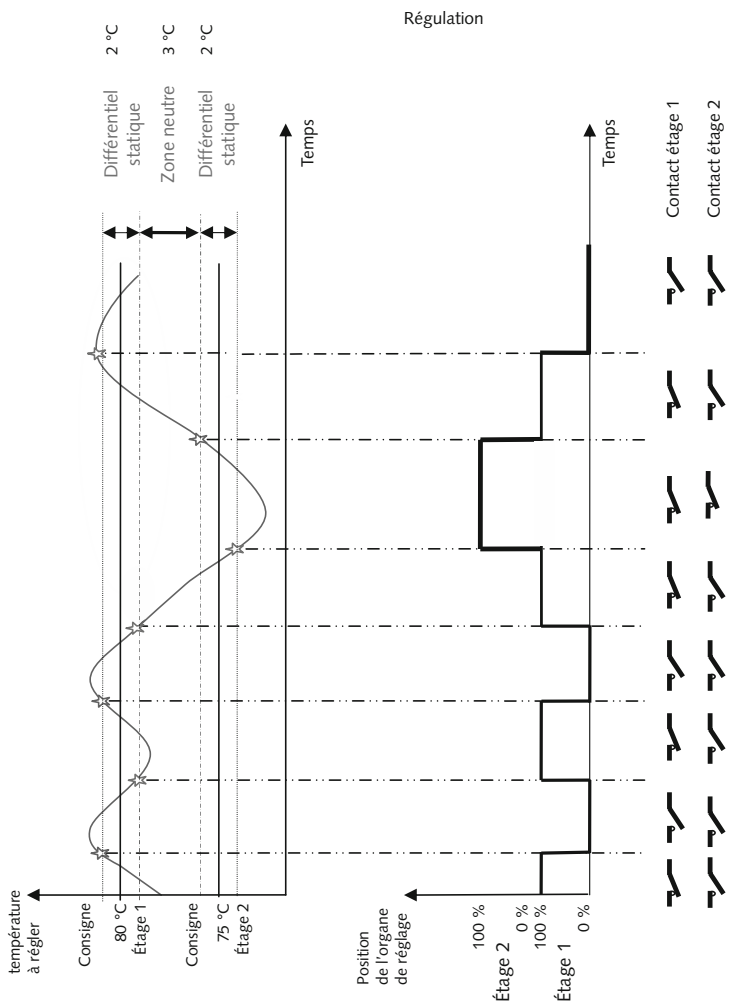


Figure 20.9 – Évolution des températures – régulation tout ou rien à 2 étages

2.3 Régulation chronoproportionnelle (modulante)

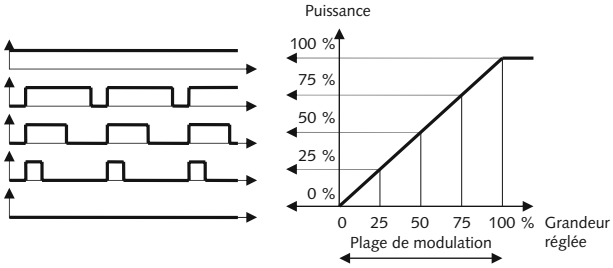


Figure 20.10 – Régulation chronoproportionnelle

C'est une régulation qui fait varier le rythme des cycles marche-arrêt (figure 20.10), par exemple chauffage électrique.

Le régulateur détermine le temps de marche en fonction de l'écart entre la consigne et la grandeur à régler.

Plus l'écart est important, plus le temps de marche sera important et la puissance fournie importante.

La régulation chronoproportionnelle permet de réduire le différentiel de température par rapport au mode tout ou rien, il permet une meilleure stabilité de la température.

La température moyenne et la puissance fournie sont les mêmes dans les deux systèmes, mais la variation de température est beaucoup plus faible avec une régulation chronoproportionnelle : le confort est meilleur qu'en tout ou rien (figure 20.11).

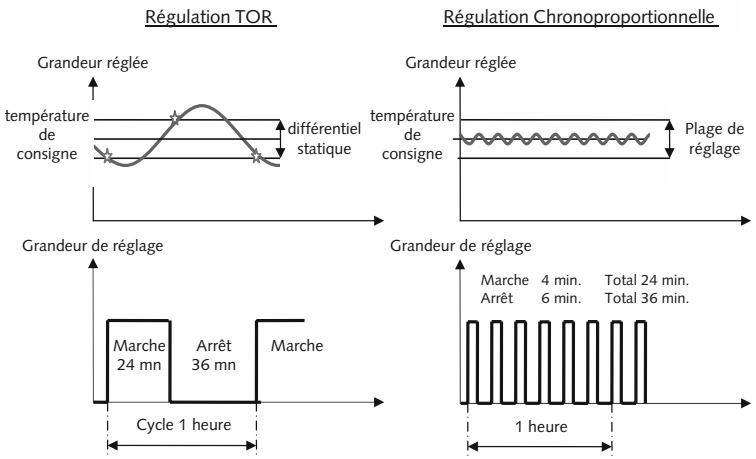


Figure 20.11 – Différence des variations de température entre une régulation TOR et une régulation chronoproportionnelle

2.4 Régulation flottante

C'est une régulation utilisée avec les **vannes motorisées,** par exemple : régulation d'un plancher chauffant. Pour atténuer le mouvement de l'organe de réglage, on utilise un régulateur à trois positions : ouverture, zone neutre, fermeture (figure 20.12).

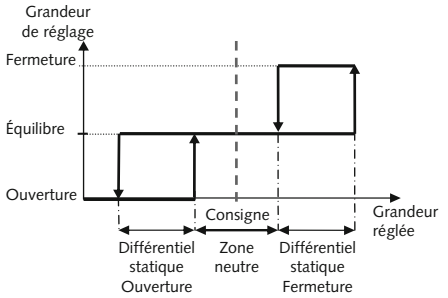


Figure 20.12 – Différentiels statiques d'un régulateur flottant

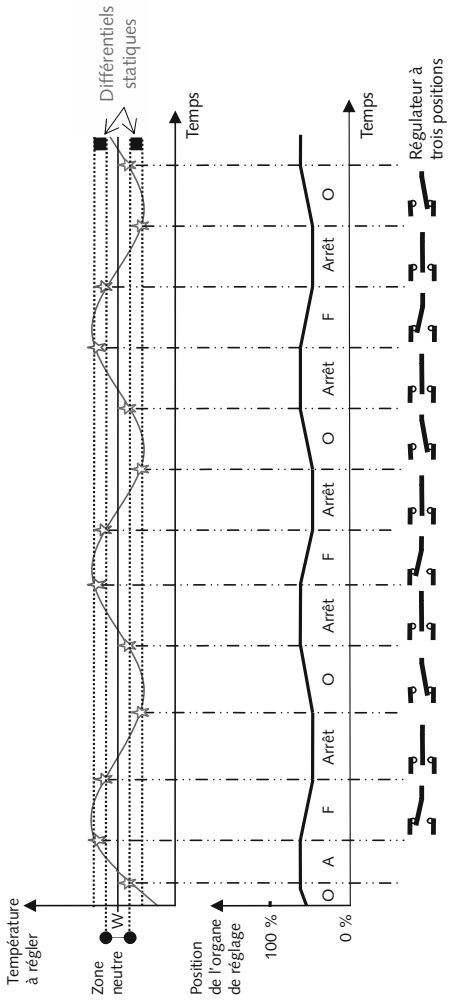


Figure 20.13 – Évolution des températures dans un local – régulation flottante

Dans la zone neutre, le moteur reste dans sa position. La vitesse du moteur est fixe, la correction est efficace de chaque côté de la zone neutre (figure 20.13).

Ce type de régulation permet de limiter le mouvement et l'usure de l'organe de réglage.

2.5 Régulation proportionnelle (P)

C'est une régulation très couramment utilisée, notamment pour les régulations d'ambiance.

Dans la régulation proportionnelle, on a une relation linéaire entre la position de l'organe de réglage et la valeur mesurée. La position de l'organe de réglage est modifiée proportionnellement à l'écart mesuré avec la valeur de consigne (dans la limite de la **bande proportionnelle**). On n'obtient un déplacement de l'organe de réglage que s'il existe un écart (figure 20.14).

Ce type de régulation ne permet pas d'obtenir une correction exacte de la perturbation.

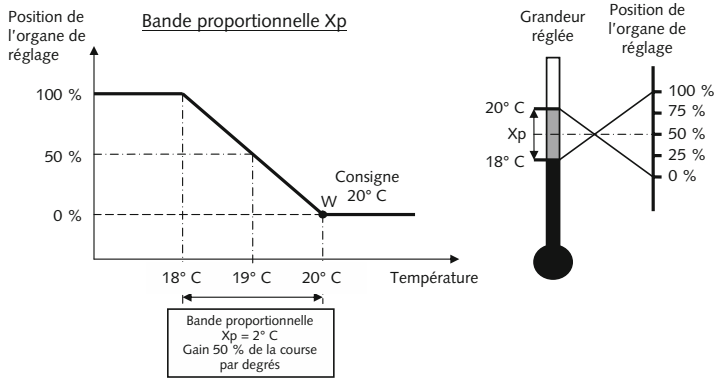


Figure 20.14 – Régulation proportionnelle

La **bande proportionnelle Xp** est fixe ou réglable, elle représente l'écart avec la grandeur mesurée qui détermine la variation de position de l'organe de réglage de 0 à 100 %, elle s'exprime dans l'unité de la valeur réglée ou en pourcentage de la plage de réglage, par exemple, 4 °C, ou 10 % de la plage de réglage 0-40 °C.

Le **gain** (ou **sensibilité**) s'exprime en pourcentage par degrés, par exemple Xp = 4 °C, gain = 25 % par °C.

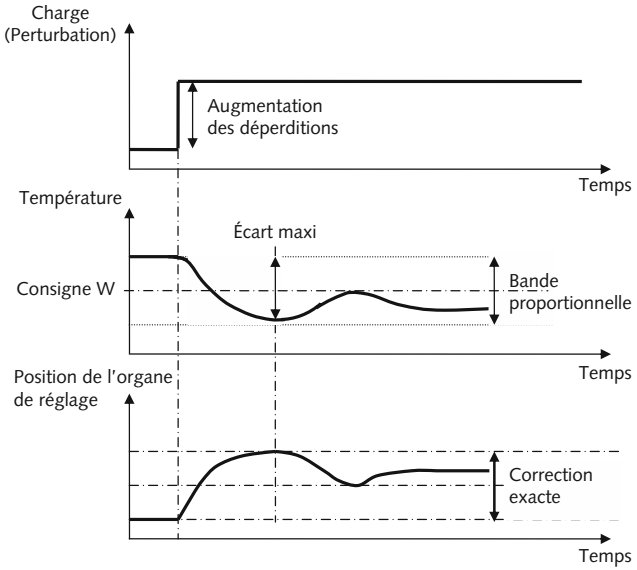


Figure 20.15 – Évolution des températures dans un local – régulation proportionnelle

Dans la pratique

Réglage de la bande proportionnelle :
– Xp trop petit : pompage rapide ;
– Xp trop grand : réponse trop lente.
Réglage de la température maximale départ.
Réglage de la température de non-chauffage.

2.6 Régulation intégrale (I)

Dans la régulation intégrale, la vitesse de déviation de l'organe de réglage est proportionnelle à l'écart (elle est à son maximum lorsque l'écart est à son maximum). La position de l'organe de réglage est modifiée tant qu'il existe un écart.

Ce type de régulation est précise mais lente, on lui préfèrera une régulation PI.

2.7 Régulation proportionnelle intégrale (PI)

C'est une régulation utilisée dans les systèmes de climatisation. Le mode proportionnel permet d'obtenir un mouvement rapide de l'organe de réglage. Le mode intégral permet de corriger le mouvement de la vanne d'une manière proportionnelle à l'écart et d'obtenir une correction exacte de la température.

Il y a deux valeurs à régler :

- la bande proportionnelle (Xp) ;
- la constante de temps d'intégration (ti).

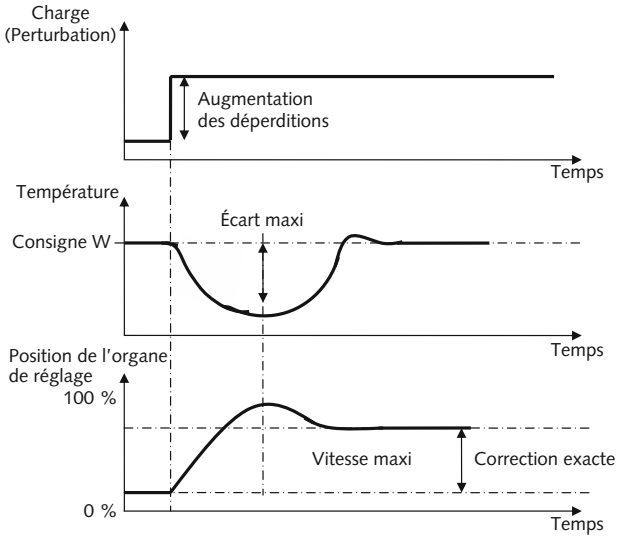


Figure 20.16 – Régulation intégrale

Dans la pratique

Réglage de la bande proportionnelle :
– Xp trop petit : pompage rapide ;
– Xp trop grand : réponse trop lente ;
– ti trop petit : réponse trop lente ;
– ti trop grand : pompage lent.

2.8 Régulation proportionnelle intégrale dérivée (PID)

C'est une régulation utilisée pour les systèmes qui nécessitent une réponse rapide (traitement d'air…). Elle prend en compte la vitesse de variation de la valeur mesurée.

En plus des deux corrections P et I, le mode dérivé provoque une ouverture plus grande de la vanne en fonction de la vitesse de variation de la valeur mesurée. Cette puissance supplémentaire permet de compenser plus rapidement la variation de température.

Il y a trois valeurs à régler :

- la bande proportionnelle (Xp) ;
- la constante de temps d'intégration (ti) ;
- la constante de temps de dérivation (td).

Une valeur trop élevée fait pomper l'installation.

Heureusement pour les installations courantes, il existe des régulateurs auto-adaptatifs qui, grâce à un microprocesseur, calcule en temps réels les valeurs de réglage en fonction des écarts mesurés.

Tableau 20.1 – Choix d'un mode de régulation

	Avantages	Inconvénients	Utilisation
Régulation proportionnelle	Simple à régler Prix	Pas de correction exacte	Régulation boucle ouverte Installations à forte inertie
Régulation proportionnelle intégrale	Stable Correction exacte	lent	Régulation de température : – d'eau (départ) – d'air (soufflage) – installation à faible inertie, préchauffage

…

	Avantages	Inconvénients	Utilisation
Régulation proportionnelle intégrale dérivée	Faible différentiel dynamique Stabilisation rapide Correction exacte	Système et réglages complexe Prix	Toutes les installations de conditionnement d'air qui présentent un haut degrés de complexité

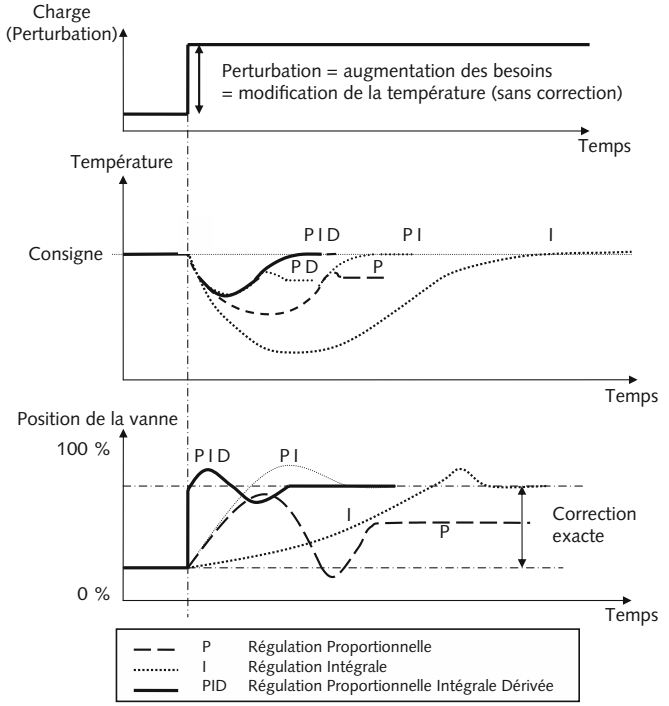


Figure 20.17 – Comparaison des différentes régulations

On observe que les régulation I, PI et PID permettent une correction exacte dans un temps plus ou moins long (figure 20.17). La régulation P ne permet pas une correction exacte mais est utilisée en régulation de confort.

On trouve aujourd'hui de plus en plus de régulateurs électroniques ayant des capacités d'auto-adaptation, le microprocesseur adapte la réaction du système en fonction des contrôles qu'il effectue sur l'installation (températures, débits, pressions…). L'interface pour l'installateur et pour l'utilisateur se présente sous la forme d'un écran représentant l'installation sur lequel on paramètre simplement les valeurs désirées. Le microprocesseur s'occupe de tout.

Ces principes de régulation sont applicables à de nombreux systèmes présents dans les installations sanitaires (détendeurs, robinets de chasse, mitigeurs thermostatiques...).

21
DÉSORDRES DE LA PLOMBERIE

Il est plus facile de bien concevoir et réaliser une installation que d'essayer de trouver des solutions « après-coup ». Néanmoins, nous allons étudier quelques solutions possibles lorsqu'un désordre intervient.

1 Bruits

Plus de 40 % de la population se plaint du bruit. Les installations techniques sont concernées par cette nuisance.

« L'installation de plomberie sanitaire ne doit être la cause, ni de la production, ni de la propagation de bruits dans le bâtiment. » DTU 60.1.

Les bruits et les sons, sont caractérisés par la fréquence exprimée en hertz (fréquences hautes pour les sons aigus, fréquences basses pour les sons graves) et par l'intensité exprimée en décibel (elle correspond à la pression acoustique).

Se reporter au chapitre 1, Mémento technique.

Nous allons voir les solutions à apporter pour différents cas.

1.1 Bruit d'appareils ou d'équipements

Les fabricants d'appareils que l'on installe dans les zones habitables ont ces dernières années fortement améliorés les performances des modèles proposés pour satisfaire à la nouvelle réglementation acoustique (NRA).

Pour les appareils sanitaires, il faudra respecter les règles de pose préconisées par les DTU et les fabricants. On trouvera des indications de pose précises auprès de l'association française des industries de la salle de bains (AFISB) ou sur son site internet www.salledebains.fr qui permettront d'éviter la transmission des bruits aériens et solidiens par les sols et les cloisons.

La solution est, lors de la pose de l'appareil, de réaliser un joint souple entre l'appareils et le mur. Une fois l'appareil posé, il ne reste malheureusement plus grand-chose à faire.

Pour les robinetteries il existe un classement EAU ou ECAU qui détermine les caractéristiques acoustiques (lettre A). La performance acoustique est représentée par la différence entre le niveau de bruit du robinet et celui d'un générateur hydraulique de bruits ; plus il est grand, plus l'appareil est silencieux. D'une manière générale, il faudra choisir des robinetteries NF et non des robinetteries premier prix.

L'attention doit être portée sur les caractéristiques acoustiques d'un appareil au moment de l'achat afin de vérifier qu'elles sont bien conformes aux souhaits du client. La sensibilité au bruit (et aux différentes fréquences) n'est pas la même pour tout le monde ; certaines personnes seront fortement incommodées par un bruit que d'autres ne remarqueront même pas.

Il faudra par exemple éviter la pose d'une chaudière dans la cuisine sur une cloison mitoyenne avec une chambre (bruit des électrodes d'allumage, du circulateur…), ou la pose d'un chauffe-eau électrique dans le placard d'une chambre (bruits de chauffe de la résistance, goutte-à-goutte du groupe de sécurité, bouillonnement de l'eau au contact de la résistance dans la cuve…).

Lorsque l'appareil reste bruyant (pompe, surpresseurs…), il faudra l'installer dans des locaux de service et s'assurer que les bruits ne seront pas transmis par les canalisations ou les cloisons.

Lors de l'installation de pompes ou surpresseurs, il faudra prendre quelques dispositions simples pour limiter le bruit transmis dans l'installation :

- choisir des moteurs ayant une vitesse de rotation lente ;
- installer les pompes ou moteurs sur des socles massifs isolés du sol (figure 21.1) ;
- utiliser des plots antivibratiles pour la fixation des pompes (figure 21.2) ;
- installer des raccords antivibratiles sur les tuyauteries départ et retour de la pompe pour éviter la transmission du bruit par les tuyauteries.

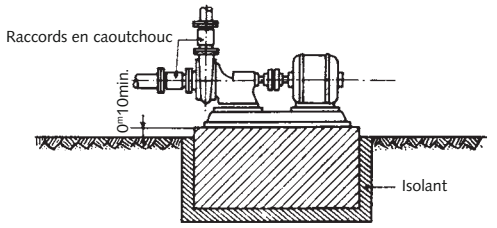


Figure 21.1 – Montage d'un groupe électropompe sur isolant

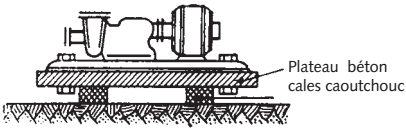


Figure 21.2 – Montage d'un groupe électropompe sur cales caoutchouc

Les manchons anti-vibratiles peuvent permettre un abaissement de 20 dB du bruit transmis (figure 21.3)

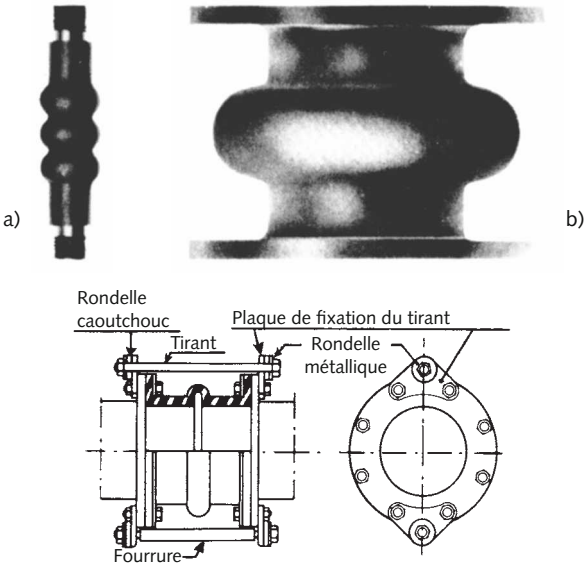


Figure 21.3 – Manchons Kléber-Colombes : a) Klédil ; b) Dilatoflex

1.2 Bruits de l'eau dans les canalisations d'alimentation

Un rétrécissement sur une tuyauterie va provoquer des sifflements et des dégazages. D'une manière générale, on peut considérer que, si la pression dans l'installation est supérieure à 4 bar, il en résultera souvent

des sifflements, des trépidations (bruits sourds à basse fréquence), même si l'installation a été réalisée en respectant les règles des DTU.

Les bruits sont principalement dus à la vitesse trop importante de l'eau dans les tuyauteries et dans les accessoires (robinetteries, détendeurs…). Il faudra donc bien veiller au dimensionnement des diamètres des tuyauteries lors de l'étude de l'installation.

Lorsque les bruits existent et que l'on ne peut pas refaire toute l'installation, certaines dispositions permettront de limiter les bruits ou de limiter leur transmission dans le bâtiment :

- réduction de la pression dans l'installation et donc dans une certaine mesure du débit et de la vitesse, tout en conservant un débit acceptable aux robinetteries ;
- pose de colliers isophoniques sur les tuyauteries : ils permettent d'éviter de transmettre le bruit dans le mur ou la cloison ;
- pose d'antibéliers pour les bruits dus aux coups de bélier : lorsque l'eau est en mouvement dans les tuyauteries, elle possède une énergie appelée énergie cinétique (1/2 mv^2). Lors de la fermeture brutale d'une robinetterie (mitigeur, électrovanne…), ce bruit se dissipe dans la tuyauterie sous la forme d'une vibration qui fait trembler la tuyauterie et donne l'impression de coups de marteau.

Remarque

La pression dans l'installation lors d'un coup de bélier peut atteindre 3 à 5 fois la pression dans l'installation et provoquer la rupture des canalisations et raccords.

On dispose de trois types d'antibéliers :

- Les **antibéliers à ressort** : ils ne réagissent qu'aux surpressions importantes, on les place généralement en tête de colonne montante, leurs action est limitée.
- Les **antibéliers à membrane** : ils sont posés en ligne lors de la conception de l'installation sur des systèmes favorisant les coups de béliers, c'est un modèle intermédiaire entre l'antibélier à ressort et l'antibélier à hydropneumatique.
- Les **antibéliers hydropneumatiques** : fabriqués sur le principe d'un vase d'expansion, ils comportent une vessie gonflée d'azote ; sous l'effet de la surpression l'azote va se comprimer et absorber une partie de l'énergie cinétique.

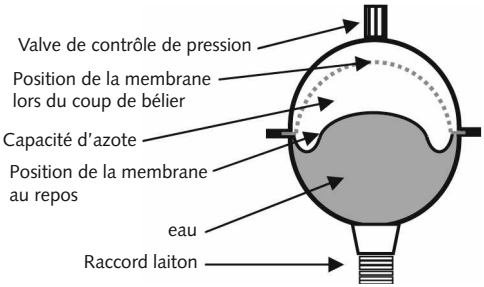


Figure 21.4 – Antibélier à capacité d'azote

L'antibélier sera posé au plus près de l'appareil qui provoque le coup de bélier.

Utilisation d'appareils plus performants : lorsque la fermeture du robinet de chasse bon marché provoque une vibration du clapet, deux solutions sont possibles :

- fermer légèrement le robinet d'arrivée d'eau du WC pour réduire la vitesse d'écoulement et supprimer le bruit à la fermeture du clapet (la chasse se remplira donc moins vite) ;
- remplacer le robinet flotteur par un modèle plus performant à fermeture progressive.

Pour les bruits d'air dans les tuyauteries d'eau, il faudra de préférence identifier la provenance de cet air pour éliminer la cause. Si cela n'est pas possible, il faudra installer un purgeur automatique pour évacuer l'air de la tuyauterie.

1.3 Bruits des tuyauteries

Les tuyauteries, le plus souvent sous l'effet de la chaleur, se dilatent ce qui produit du bruit (craquements) dû à un glissement de la tuyauterie sur les colliers. Il faudra pour limiter ces bruits :

- desserrer les colliers,
- poser des lyres de dilatation,
- d'une manière plus générale, permettre en tout point la libre dilatation de la tuyauterie.

1.4 Bruits d'eau dans les installations d'évacuation

Les tuyauteries d'évacuation des eaux usées dans un bâtiment doivent être placées dans des gaines techniques isolées du bruit (les eaux usées qui s'écoulent dans une tuyauterie PVC émettent un bruit supérieur à 50 dB(A)). Il conviendra de suivre les prescriptions du bureau d'études ou les recommandations des fabricants de tuyauterie suivant la nature des gaines techniques afin de réduire ce bruit à une valeur réglementaire.

La qualité acoustique des produits est déterminée par une échelle de classe de performance croissante ESA de 1 à 6.

Quelques précautions simples permettent de réduire les bruits :

- pour les bruits aériens, on peut utiliser des tuyauteries spéciales (ayant de meilleures caractéristiques acoustiques que les tuyauteries classiques) proposées par les fabricants et isoler phoniquement la gaine technique ;
- pour les bruits solidiens, on peut poser des colliers isophoniques.

L'utilisation de matériaux lourds, comme la fonte, permet de réduire les bruits.

Pour les bruits sur les siphons (gargouillements de l'eau) qui sont dus à la formation de tampons hydrauliques, on se reportera au chapitre suivant.

2 Désordre sur l'installation d'évacuation des eaux usées

Il est important de bien concevoir l'installation d'évacuation des eaux usées en respectant les règles fixées par les DTU. Lorsque ce n'est pas le cas, on verra apparaître des dysfonctionnements :

Lorsque la pente est trop faible, la vitesse d'écoulement n'est pas suffisante. Les matières en suspension vont se déposer et colmater la tuyauterie. Les solutions sont limitées :

- curage régulier des tuyauteries,
- installation de chasse automatique pour évacuer les dépôts éventuels.

Lorsque la pente est trop importante, la vitesse d'écoulement est trop grande. Le mouvement de l'eau dans les tuyauteries va créer des « tampons hydrauliques » qui risquent de désamorcer les siphons d'appareils (provoquant des bruits et des mauvaises odeurs). Dans ce cas on pourra :

- placer des clapets antivide ou clapets aérateurs pour éviter le désamorçage des siphons (vérifier les règles de pose d'un clapet aérateurs au chapitre 13 sur l'évacuation des eaux usées) ;
- augmenter le diamètre de la tuyauterie pour éviter la formation de tampons hydrauliques ;
- réduire la pente de la tuyauterie tout en respectant les consignes des DTU.

Lorsque l'installation est réalisée, la vidange d'un appareil peut provoquer le désamorçage du siphon de l'appareil situé à proximité si la tuyauterie d'évacuation n'a pas un diamètre suffisant.

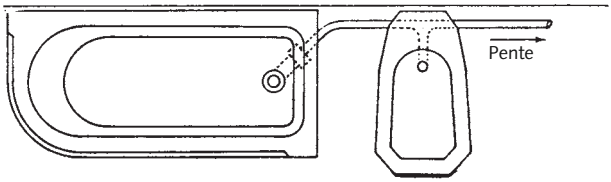


Figure 21.5 – Désamorçage du siphon d'un bidet

Dans l'exemple de la figure 21.5, lors de la vidange de la baignoire, le siphon du bidet va se désamorcer. Pour remédier à ce dysfonctionnement, on pourra essayer les mêmes solutions que lorsque la pente de la tuyauterie est trop importante.

Si l'installation est réalisée convenablement, les siphons peuvent se désamorcer par évaporation de l'eau en cas d'absence prolongée. On évalue la vitesse d'évaporation moyenne à 1 mm par jour, soit, pour une garde d'eau de 50 mm, 50 jours pour désamorcer un siphon.

D'une manière générale, il faudra prendre des dispositions particulières pour toute absence supérieure à 1 mois. On pourra par exemple verser dans les siphons de l'huile de cuisine qui empêchera l'évaporation.

3 Dilatation

Lorsque les règles de pose ne sont pas respectées, les tuyauteries ou les structures peuvent être endommagées par les effets de la dilatation.

Selon les matériaux utilisés, si on considère une tuyauterie (ou une gouttière) de 10 m de longueur, mise en place à une température de 20 °C, on observera un rétrécissement ou un allongement en fonction de la variation de température (figure 21.6).

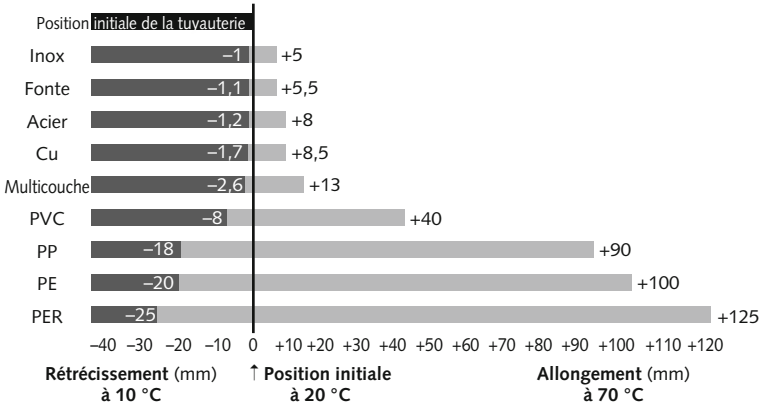


Figure 21.6 – Représentation graphique de l'allongement ou du rétrécissement d'une tuyauterie (en mm) en fonction de la température

Lorsque la tuyauterie est à 70 °C : $\Delta\theta = 70 - 20 = 50$ °C, la tuyauterie s'allonge.

Lorsque la tuyauterie est à 10 °C : $\Delta\theta = 10 - 20 = -10$ °C, la tuyauterie se rétrécit.

Sur cette plage de température (10-70 °C), le déplacement des 10 m de tuyauterie en cuivre se fera sur 10,2 mm contre 150 mm pour la tuyauterie en polyéthylène réticulé.

Dans la pratique

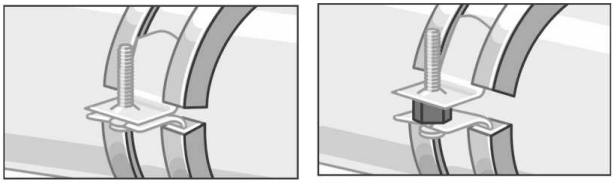
Pour éviter la rupture des tuyauteries ou raccords, il faut prévoir des dispositifs de compensation :
– supports autorisant le mouvement des tuyauteries (rail sans collier…) ;
– lyres ou compensateurs de dilatation ;
– pose en encastré dans un fourreau, une gaine, un tube… dont le volume permet la libre dilatation du tube ;
– raccordement par tuyauteries flexibles permettant le libre mouvement…

Dans tous les cas, il faudra calculer l'écart de longueur dû au changement de température.

3.1 Points fixes

Les **colliers** seront posés de manière à (figure 21.7) :

- créer des **points fixes** qui bloquent la tuyauterie,
- ou permettre le mouvement du tube (son **glissement** dans le collier).



a) b)

Figure 21.7 – a) Collier serrant pour créer un point fixe ; b) Collier glissant pour permettre la libre dilatation du tube

3.2 Lyres de dilatation

Des **lyres** de dilatation seront prévues entre deux points fixes. Elles peuvent prendre plusieurs formes et se positionnent sur les grandes parties droites (par exemple, pour les tuyauteries multicouches utilisées pour la distribution d'eau froide et d'eau chaude, le chauffage central et l'eau glacée).

Trois formes de lyres peuvent être réalisées.

■ Pour les longueurs ≤ 5 m

La figure 21.8 présente des formes de lyres utilisées sur des tuyauteries d'au plus 5 m, lorsque celles-ci subissent de faibles dilatations ou pour réduire les tensions sur le raccordement à un appareil.

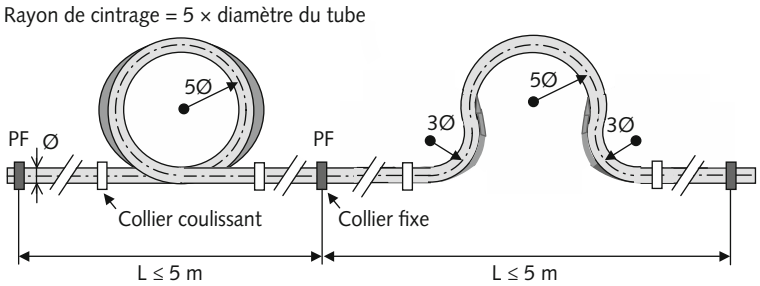


Figure 21.8 – Lyres pour des longueurs ≤ 5 m

Dans tous les cas, il faudra respecter les règles de cintrage du tube précisées par le fabricant de la tuyauterie.

■ Pour les longueurs > 5 m

La figure 21.9 présente la forme de lyre utilisée sur des tuyauteries de plus de 5 m.

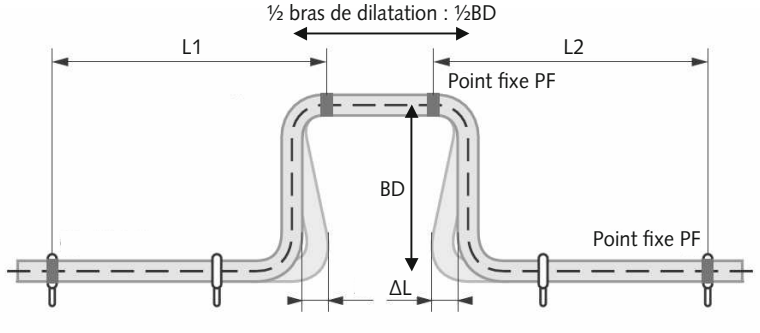


Figure 21.9 – Lyre pour des longueurs > 5 m

Le calcul de la **hauteur** du **bras de dilatation** (BD) s'effectue à l'aide du DTU. **La largeur est égale à la moitié de la hauteur** (½BD).

Dans la pratique

Si L2 = 20 m est plus grand que L1 = 10 m, quelle longueur faudra-t-il prendre pour le calcul de BD ?
Réponse : la plus grande des deux valeurs, soit 20 m.

3.3 Calcul des bras de dilatation

Des bras de dilatation seront prévus sur les **changements de direction** ou sur les piquages (figure 21.10).

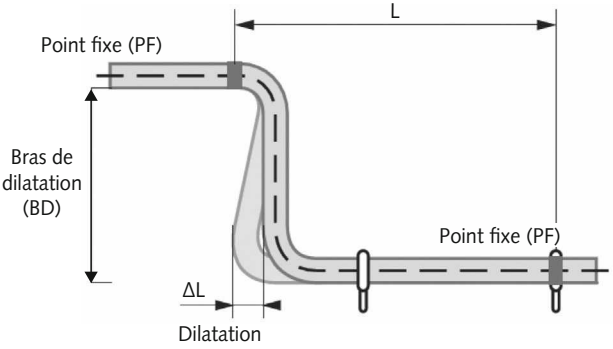


Figure 21.10 – Bras de dilatation

Le DTU 60.1 précise la méthode de calcul du bras de dilatation (figure 21.11).

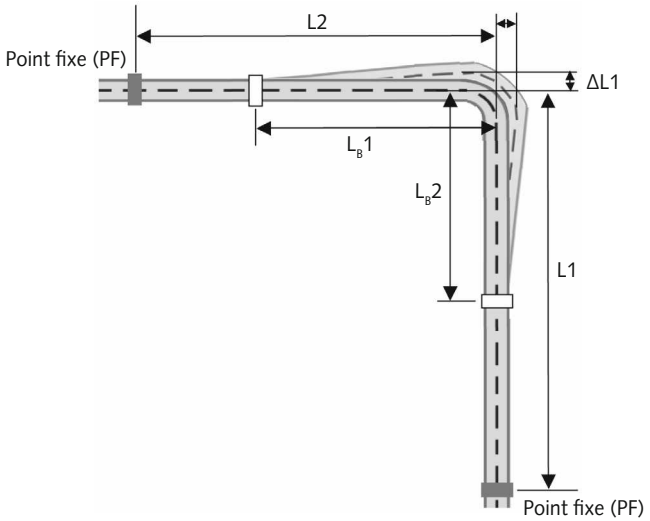


Figure 21.11 – Calcul du bras de dilatation

Le calcul de la longueur (L_B) du bras de dilatation s'effectue à l'aide de la formule :

$$L_B = \text{Coefficiant} \times \sqrt{Ø_{ext} \times \Delta L}$$

avec :

- coefficient : 27 pour le PE, 34 pour le PVC-U et 61 pour les métaux ;
- $Ø_{ext}$: diamètre extérieur de la tuyauterie (mm) ;
- ΔL : écart de longueur du tube (mm), avec $\Delta L = \lambda \times$ Longueur du tube $\times \Delta\theta$ (où λ = 0,08 mm/m.°C pour le PVC ; λ = 0,2 pour le PE ; λ = 0,06 pour le multicouche ; λ = 0,0115 pour l'acier et λ = 0,017 pour le cuivre).

Application

Pour un tube multicouche de 40 mm de diamètre (D40), de longueur 20 m et dont la température passe de 20 °C à 75 °C (ΔT = 55 °C), on aura :

$\Delta L = \lambda \times$ Longueur du tube $\times \Delta\theta = 0{,}06 \times 20 \times 55 = 66$ mm

$L_B = 27 \times (40 \times 66)^{0,5} = 27 \times 51{,}4 = 1\,388$ mm, soit 1,39 m

Si on effectue une lyre de dilatation placée au milieu de la tuyauterie, cette valeur sera de :

$\Delta L = \lambda \times$ Longueur du tube $\times \Delta\theta = 0{,}06 \times 10 \times 55 = 33$ mm

$L_B = 27 \times (40 \times 33)^{0,5} = 27 \times 36{,}3 = 981$ mm, soit 0,98 m

La largeur de la lyre sera de 981/2 = 490,5 mm.

On simplifiera en prenant, pour la réalisation de la lyre, une longueur de 1 m et une largeur de 0,5 m.

On le voit dans cet exemple, c'est une valeur minimum par défaut : le fabricant de tuyauterie peut donner des valeurs différentes en fonction des caractéristiques précises de la tuyauterie.

3.4 Compensateurs de dilatation

On trouvera aussi des compensateurs de dilatation qui ont la même fonction (figure 21.12). Il faudra respecter les règles de pose du constructeur.

a) b)

Figure 21.12 – a) Compensateur de dilatation en caoutchouc ; b) Compensateur de dilatation en acier inoxydable

3.5 Flexibles

Les flexibles sont en élastomère, en matériau de synthèse revêtu d'une tresse métallique ou textile, ou en acier inoxydable onduleux semi-rigide.

Ils doivent résister aux coups de bélier (90 °C sous 30 bar pour les installations sanitaires).

Ils servent à la réalisation de lyres de dilatation ou de bras de dilatation aux changements de direction et aux raccordements.

Les courbures seront celles autorisées par le fabricant du flexible.

Pour plus de détails, on se reportera aux DTU.

4 Condensation

Elle se produit sur les tuyauteries d'eau froide et plus généralement sur les surfaces froides (extérieur des réservoirs des WC en été…). La présence d'humidité sur les tuyauteries, le sol, les murs favorisera l'apparition de moisissures et pourra provoquer un dégât des eaux (infiltrations dans les cloisons, les plafonds ou les planchers).

Pour réduire les risques de condensation sur les tuyauteries posées en plinthe, **on positionne la tuyauterie d'eau froide sous la tuyauterie d'eau chaude** afin d'éviter de créer un courant d'air chaud au contact de la surface froide.

Dans les autres cas, il faudra isoler les surfaces froides.

BIBLIOGRAPHIE

Mise en œuvre et pathologie des générateurs – chauffage à eau chaude, Jean-Pierre HAMY, Les Éditions Parisiennes

L'installation électrique, Thierry GALLAUZIAUX et David FEDULLO, Éditions Eyrolles

Fondamentaux d'hydraulique pratique, J. LA SALA, TETHILA Éditions

Manuel de la régulation et de la gestion technique, René CYSSAU, COSTIC, Éditions PYC Livres

Réaliser et contrôler une installation gaz domestique, BERLIO, Bernard LIOGIER, Éditions Parisiennes

Régulation – Chauffage – Eau chaude sanitaire – ventilation – Conditionnement d'air, Philippe DAVY de VIRVILLE, Éditions Parisiennes, Éditions PYC Livres

Distribution d'eau sanitaire dans les bâtiments, Cahier de notes, Savoir. Faire, COSTIC

Mise en service, réglage et dépannage des brûleurs fioul et gaz, Philippe LEGROUD, Éditions Parisiennes

Circulateurs pour les circuits de chauffage, Cahier de notes, Savoir. Faire, COSTIC

Installation d'assainissement autonome pour la maison individuelle, Guide pratique, CSTB

La pompe centrifuge dans tous ses états, Jean-Jacques CRASSARD, Éditions parisiennes

Normes et DTU citées dans l'ouvrage, AFNOR

SITES INTERNET

Quelques adresses utiles de sites internet pour trouver plus d'informations.

www2.ademe.fr	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie : réglementation, conseils et solutions pour réduire les consommations énergétiques
www.afgaz.fr	Site de l'association française du gaz
www.afnor.org	Association française de normalisation : normes en ligne, certification, international
www.bruit.fr	
www.brossette.fr	Distribution aux professionnels de produits sanitaire, de matériel de chauffage et de plomberie
www.castolin.fr	Matériel de soudage
www.cieau.com	Des renseignements sur l'eau
www.cler.org	Comité de Liaison Énergies Renouvelables : information et promotion des énergies renouvelables
www.costic.com	Centre de formation et de publication du bâtiment
www.cstb.fr	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment : établissement public de recherche, de certification et d'information sur les produits et solutions du bâtiment, guides pratiques On y trouve les DTU et guides de bonnes pratiques
www.delabie.fr	Robinetteries temporisées, thermostatiques, de collectivités, spécialisées
www.ecologie-solidaire.gouv.fr	Le site du ministère de l'écologie

www.georgfischer.fr	Tuyauteries, raccords et accessoires pour l'industrie et le bâtiment
www.giacomini.fr	Fiches techniques, guide de pose… sur le chauffage et les planchers chauffants.
www.girpi.fr	Tuyauteries PVC, tubes sous pression, tubes pour fluides glacés
www.grundfos.fr	Pompes, circulateurs, surpresseurs, industrie… tout sur les pompes et les installations, guide de prescription…
www.lanive.fr	Industriel proposant des guides du conduit de fumée, de l'assainissement non collectif et de la récupération des eaux pluviales
www.larobinetique.fr	L'ensemble de la robinetterie et des accessoires de tuyauterie
www.legifrance.gouv.fr	Les textes officiels, JO, BO…
www.logement.gouv.fr	Site institutionnel sur les politiques gouvernementale pour le logement, réglementation thermique
www.moinsdebruit.com	
www.nicoll.fr	Produits PVC : eau sous pression, évacuation, bâtiment
www.Norham.fr	Matériels pour l'assainissement l'adduction et le bâtiment, raccords de réparation
www.oppbtp.fr	Organisme Professionnel de Prévention du Bâtiment et des Travaux Publics, fiches de sécurité et de prévention sur les chantiers, produits dangereux, solutions pratiques
www.pambatiment.fr	Tuyauteries fonte bâtiment eaux usées et eaux pluviales
www.pamline.fr	Tuyauteries fonte, raccords, robinetteries…
www.planbatimentdurable.fr	Voir, dans « Grands dossiers »/ « Le cadre législatif et réglementaire » : « Comprendre la RT 2012 »

www.porcher.com	Fabricant de sanitaires, robinetteries, balnéothérapies
www.presto.fr	Robinetteries temporisées, de collectivités, spécialisées
www.qualigaz.com	Diagnostic et contrôle des installations gaz , référentiels de contrôle
www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr	Tous les guides RAGE qui font la synthèse des normes, DTU et bonnes pratiques sur l'ECS, les PAC…
www.rt-batiment.fr	Site réalisé par le ministère du logement et l'Ademe sur les règlementations thermiques
www.salledebains.fr	Association Française des industries de la salle de bain
www.solidarite-sante.gouv.fr	Permet de trouver les cartes de la dureté de l'eau ainsi que les recommandations concernant l'eau potable.
www.smabtp.fr	Compagnie d'assurance proposant des dossiers pratiques sur les assurances, les sinistres et les pathologies du bâtiment, la sécurité
www.soudeur.com	
www.str-pvc.org	Syndicats des tubes et raccords en PVC
www.synasav.fr	Syndicat National de Maintenance et des Services Après-vente : métiers du chauffage, eau chaude sanitaire, climatisation, ventilation, fumisterie, régulation
www.thermexcel.com	Site de calcul et de dimensionnement des installations en ligne
www.wawin.fr	Tuyauteries PVC, tubes multicouches, tuyauteries polyéthylène
www.regispetit.fr	Site de vulgarisation scientifique de Régis Petit sur le bélier hydraulique

INDEX

A

Abaque 289-290
Acides 212
Acier 106
Acoustique 58
Adoucisseur 239
Alésoir 429
Alphabet grec 9
Altitude 136
Aluminium 106
Alvéole technique gaz 668
Amenée d'air directe 687
Amenée d'air indirecte 687
Amiante-ciment 464, 599
Anode 354
Antibélier 273, 806
Antibélier à membrane 806
Antibélier à ressort 806
Antibélier hydropneumatique 806
Anti-pollution 317
Appareils gaz 336
Assainissement 175
Assainissement autonome 621
Attestation de conformité sanitaire (ACS) 309

B

Bac dégraisseur 623
Bactéries 230
Baignoires en fonte 480
Baignoires en résines 481
Bain-marie 343, 347
Balnéo 489
Balnéothérapie 291
Bande proportionnelle 796
Bases 212-213
Bélier hydraulique 131
BEPOS 752
Besoins en eau 109
Béton 103
Béton précontraint 406
Bitube 769
Boisseau 720
Bondes 494
Bouclage d'eau chaude sanitaire 332
Boucle d'eau chaude sanitaire 390
Boucle de régulation fermée 784
Boucle de régulation ouverte 785
Bouteilles de gaz 77
Branchement 668
Branchement d'appareil 273
Brasage fort 95
Bras morts 232, 325
Brassage tendre 95
Brasure 422
Briques plâtrières 409
Bronze 105

Broyeur sanitaire 178
Bruits 803
Bruits solidiens 528
Brumisateurs 780

C

Cahier des charges 275
Calibre 653, 732
Calorie 25
Canalisation apparente 404
Canalisation dissimulée 404
Canalisation encastrée 404
Canalisation engravée 405
Canalisation enrobée 404
Canalisation enterrée 405, 612
Capacité calorifique 25
Caractéristiques des gaz 640
Carneau 688
Carreaux de plâtre 408
Cartouches céramique 505
Cavitation 150, 167, 182
Ceinture principale 274
CESI (chauffe-eau solaire individuel) 323, 367
CETI 323, 325
Chaleur latente 14
Chaleur massique 25
Chaleur sensible 14
Chasse automatique 547
Château d'eau 249
Chauffe-bains gaz 337
Chauffe-eau à accumulation 348
Chauffe-eau à gaz 336
Chauffe-eau électrique 348
Chauffe-eau instantané 349
Chauffe-eau non raccordé 337
Chauffe-eau thermodynamique individuel 325
Chaufferie gaz 728
Cheval-vapeur 205, 742
Choix d'une pompe 199
Chutes 555
Chute unique 555, 573
Ciments 103
Cintrage 420-421
Circulateur 135
Circulateur à pression constante 185
Circulateur à pression proportionnelle 184
Circulateur autorégulé 185
Circulateur d'eau chaude sanitaire (ECS) 186
Circulateur de brassage 386
Circulateur de chauffage 181
Clapet anti-pollution 259
Clapet anti-retour 192, 317-318
Clapets aérateurs 572, 574
Classe d'isolation électrique 746
Climatisation 777
CO 648
Coefficient caractéristique d'un réseau 145
Coefficient de dilatation thermique 56, 759
Coefficient de simultanéité 283
Collage 607
Collecteurs 555
Collet battu 419, 423
Collier isophonique 62, 806
Colonne descendante 274
Colonne montante 274
Combustion 647

Compresseur 778
Compteur 259
Compteur divisionnaire 274
Compteur volumétrique 262
Condensateur 743
Condensation 14, 816
Condenseur 778
Conduction 19
Conductivité 721
Conductivité électrique 217
Conductivité thermique 20
Conduite montante 668
Conduits de fumée 688, 697
Conduit shunt 691
Cône de Venturi 129
Consignation 747
Contacteur 194
Contacteur de niveau 195
Contraction 56
Contrôle d'étanchéité 685
Convection 21
COP (coefficient de performance) 779
Cordon chauffant 332
Corps de chauffe 352
Corrosion 225
Cos φ 736
Cotes d'encombrement 510
Coupe-tirage 660
Couplage étoile 737
Couplage triangle 737
Coups de bélier 423, 806
Courbe de pompe 139
Courbes de réseau 139, 143
Courroie 158
Court-circuit 733
Crépine 193
Cuivre 105
Cuvettes 527

D

DDS (détendeur déclencheur de sécurité) 521, 727
Débit de base 282
Débit de pointe 326
Débit instantané 326
Débit massique 42
Débitmètre 43
Débit probable 285
Débit spécifique 326, 659
Débit unitaire 559
Débit volumique 42
Décantation 235
Décibels 58
Défaut grave immédiat (DGI) 729
Degré Celsius 12
Degré Fahrenheit 12
Degré français 214
Démarrage étoile-triangle 741
Demi-dur 416
Densité 39
Déperditions 751
Désamorçage du siphon 809
Descentes 555
Désinfection 321
Détendeur déclencheur de sécurité 521, 727
Détendeurs 306
Déversoirs 113
Devis 274, 276
Diamètre des tuyauteries gaz 650
Différentiel 733
Différentiel dynamique 790
Différentiel statique 790

Dilatation 56, 610, 809
Disconnecteur 254, 766
Disjoncteurs différentiels 732
Dispositifs anti-retour 317
Distance entre les tuyauteries 672
Distances de sécurité 255, 612
Distillation 115
Distribution collective 282
Distribution individuelle 279
Distribution par collecteur 770
DN (diamètre nominal) 53
Douche à l'italienne 493
DU (débit unitaire) 559
Dureté de l'eau 218

E

Eau chaude 281
Eau chaude solaire 367
Eau de pluie 109, 111
Eau distillée 211
Eau douce 209, 219
Eau dure 209, 219
Eau entartrante 219
Eau forcée 209
Eaux de condensation 109
Eaux de dessalement 109
Eaux de surface 109
Eaux ménagères 209
Eaux pluviales 174, 556
Eaux souterraines 109, 117
Eaux usées 175, 209, 556
Eaux-vannes 209, 556
Ébavureur 419
Échangeur à plaques 344, 384
Échangeur serpentin 383
Échangeur tubulaire 384
Écoulement libre 355
Écroui 416
EEI (indice d'efficacité énergétique) 152
EER (Energy Efficiency Ratio) 778
Effet cyclonique 772
Égout 556
Électrolyse 358
Élément porteur 406
Embouage 774
Émetteur 764
Encastré 611
Enregistreur de pression 292
Enrobé 611
Entartrage 219
Enthalpie 15
Épandage 625
Épuration naturelle 235
Équipements de protection individuelle (EPI) 748
Essais de fonctionnement 320
Essais d'étanchéité 320
Établissements recevant du public 630
Étain 106
Évacuation des fumées 660
Évacuation par effet siphoïde 619
Évaluation des débits 206
Évaporateur 778
Évaporation 809
Extincteurs 636

F

Facteur d'air 650
Faïence émaillée 476
Fer 105

Fibre neutre 421
Filasse 467
Filières 431
Filmogène 245
Filtre à tamis 238
Filtre magnétique 773
Fixations 411
Floculation 235
Flotteur contacteur à boule 194
Flotteurs 194
Fonte 105
Fonte émaillée 478
Force hydromotrice 393
Fosse chimique 627
Fosses 621
Fosse sèche 180
Fosse septique 623
Fourreau 406
Fréquence 731
Fusion 17

G

Gainage 406
Gaines Se-Duct 691
Garde d'eau 556
Garniture mécanique 191
Gaz dissous 754
Gel 401
Gestion de niveau 206
Gestion de pression 207
Gommage 154, 201
Gouttière 613
Grès émaillé 476
Groupe de sécurité 356
Groupes de maintien de pression 172

H

Habilitation électrique 747
Hauteur d'aspiration 136
Hauteur géométrique 163
Hauteur manométrique 135
Hydro-éjecteur 49, 129

I

IE (indice d'efficience énergétique) 152
IEE (indice d'efficacité énergétique) 152
Immeubles de grande hauteur (IGH) 321, 629
Indice d'efficacité énergétique 152
Indice d'efficience énergétique 152
Inox 106
Installation intérieure 668
Intensité électrique 731
Ipsotherme 742

J

Joints américains 423
Joint torique 423
Joule 25

K

Kelvin 12
Kilocalorie 25
Kilowattheure 25
Kit manométrique 190
Klixon 198

L

Laiton 105
Lavabos 495
Lecture des compteurs 264
Légionelle 230, 324
Légionellose 230
Leviers 67
Lignes de charge 253
Limite inférieure d'inflammabilité ou d'explosivité (LIE) 642
Limite supérieure d'inflammabilité ou d'explosivité (LSE) 642
Local aéré 687
Local technique gaz 669

M

Maintien de pression 172
Mamelon 437
Manchettes antivibratiles 198
Manchon 437
Manchon d'adaptation 600
Manchons de dilatation 608
Manomètres 188
Manovacuomètres 188
Masse linéaire 38
Masse volumique 36
Mécanismes de chasse 533
Mélange 23
Métallisation à froid 444
Micro-accumulation 344
Micro-cogénération 325
Mitigeur thermostatique 396, 506
Monophasé 736
Monotube dérivé 769
Mortier 103
Moteur asynchrone 739
Moteurs monophasés asynchrones 742
Moteurs triphasés 740
Moulin 122
Murs porteurs 403

N

Noria 121
Nourrice 274

O

Osmose inverse 116
Oxygène dissous 239

P

PdC 137
Pente 402
Percements 403
Perte de charge totale 50
Pertes de charge 49, 137
pH 223
Phénomène de pompage 790
Pièce déclassée 478
Piézo-électrique 340
Pile galvanique 227, 415
Pince ampèremétrique 364
Pipe d'évacuation 529
Piston hydraulique 570, 573
Placard technique gaz 669
Plaque à borne 738
Plaques de plâtre 409
Plâtres 103
Plomb 106, 224, 415
Plot antivibratile 62

Point de fonctionnement 139, 141, 146
Point de rosée 642
Point éclair 18
Point fixe 467, 609
Point le plus défavorisé 292
Polybutylène (PB) 469, 473
Polyéthylène (PE) 468, 473
Polyéthylène réticulé 469
Polypropylène (PP) 473
Polypropylène random (PPR) 473
Pompage 309
Pompes 804
Pompes à moteur séparé 158
Pompes auto-amorçantes 160
Pompes bélier 131
Pompes centrifuges 128, 133
Pompes de surface 165
Pompes doubles 160
Pompes identiques en parallèle 148
Pompes identiques en série 147
Pompes immergées 168
Pompes jockey 169
Pompes multicellulaires 156
Pompes péristaltiques 126
Pompes volumétriques 124
Porcelaine vitrifiée 477
Porte-soudure 603
Pots à boues 771
Pouvoir calorifique inférieur (PCI) 28, 641
Pouvoir calorifique supérieur (PCS) 28, 641
Pouvoir de coupure 746
Précipitations 112, 118
Préfiltre 624
Presse-étoupe 167, 191
Pression 33, 135
Pression absolue 17, 135
Pression à l'origine 292
Pression atmosphérique 135
Pression au point le plus défavorisé 277
Pression de charge 164
Pression de gonflage 760
Pression de remplissage 760
Pression de service 163
Pression de tarage 759
Pressions relatives 135
Pressostat 207
Pressostat différentiel 168
Production instantanée 332
Production par accumulation 332
Production semi-accumulation 332
Production semi-instantanée 332
Protection par électrolyse 246
Puisage 162
Puisard 179
Puissance 29
Puissance ajustable 337
Puissance fixe 337
Puissance modulable 337
Puissance nominale 659
Puits 118
Puits artésiens 119
Puits canadiens 780
Purge d'air 200
Purgeur d'air 753

R

Raccord diélectrique 358, 424-425

Raccordement des appareils sanitaires 279
Raccords à compression 423
Radiateur gaz 664
Ravoirage 406
Rayonnement 22
Réchauffeurs de boucle 389
Recuit 416
Récupération d'eau de pluie 111
Réducteur de pression 306
Réglementation acoustique 595, 803
Règlement sanitaire départemental 277
Règles de l'art 271
Régulateur de pression 306
Régulation chronoproportionnelle (modulante) 793
Régulation flottante 794
Régulation proportionnelle intégrale dérivée (PID) 799
Régulation tout ou rien (TOR) 788
Relation débit-pression 45, 136
Relation pression-température 16
Rendement 32, 643
Repérage des réseaux 77
Réseau unitaire 556
Réservoirs de stockage 305
Réservoirs en fonte 534
Résistance 731
Résistance électrique blindée 353
Résistance électrique stéatite 353
Résistance monophasée 362
Résistance thermique 20, 720-721
Résistivité électrique 217
Risque de gel 403
ROAI 521
Robinet d'arrêt général 274
Robinet de chasse 539
Robinet de puisage 316
Robinet de vidange 274
Robinet mélangeur 505
Robinet mitigeur 505
Robinet simple 504
Robinet sur gorge 503
Robinetterie à clapet 311
Robinetterie à opercule 313
Rotor noyé 153
RT 2012 323, 350

S

Saturnisme 224
Scellements 410
Section 63
Sectionnement 309
Sécurité manque d'eau 207
Sélectivité 732
Sels 212
Semi-accumulation 345
Sens de rotation 201
Serpentin 347
Sertissage 423
Siphon 494, 508, 557
Sonde d'ionisation 337, 341
Soudage 422
Soudage oxyacétylénique 82
Soudobrasage 445
Soupape de sécurité 756
Soupape différentielle 765
SPOTT 661
Stéarine 602
Stratification 21, 366

Surcharge 197, 733
Surintensité 197, 202
Surpresseurs 168, 804
Symboles 79

T

TA 218
TAC 218
Taraudage 445
Tartre 218
Température de vaporisation 644
Température moyenne 38
Températures eau chaude sanitaire 551
Tension 731
TH 218
Théorème de Bernoulli 47
Thermie 25
Thermocouple 337-339
Thermographie 167, 204
Thermosiphon 368
Thermostat 352
Thermostat d'ambiance 768, 787
Thermostat de régulation 360
Thermostat de sécurité 767
Thermostat limiteur 786
Tige-cuisine 668
Tirage 688
Tirage thermique 660
Titre alcalimétrique complet (TAC) 218
Titre alcalimétrique (TA) 218
Titre hydrotimétrique (TH) 218
Traitement de l'eau 229
Transformateur 738
Transformateur de sécurité 739
Trappe de visite 488
Traversées 403
Triphasé 734, 736
Tube pré-calorifugé 418
Tube pré-gainé 418
Tube pré-isolé 418
Tubes gaz 426
Turbidité 217
Tuyauterie PVC 465-466
Tuyauteries en acier galvanisé 440
Tuyauteries en acier noir 425
Tuyauteries thermosoudables 472

U

Union 435
Unités anglaises 10
Urinoirs 545
Urinoirs sans eau 547

V

Vacuomètres 188
Valve à eau 339
Vanne à bille 314
Vanne à boisseau 314
Vanne à papillon 315
Vanne isolement 756
Vaporisation 17-18
Vase d'expansion 756
Veilleuse permanente 338
Ventilation 524, 557
Ventilation haute 660
Ventilation mécanique 687
Ventilation secondaire 574
Ventouse 662
Vérification d'absence de tension (VAT) 748

Vert-de-gris 105
Vidage 486
Vide sanitaire 402, 575
Vitesse 137
Vitesses maximales de l'eau 287
VMC gaz 662
Volume d'expansion 759
Volumes des salles d'eau 361
Volumes des salles de bains 361

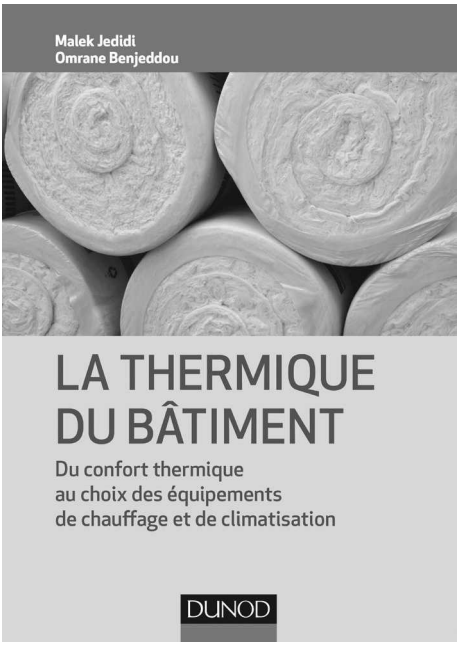
W

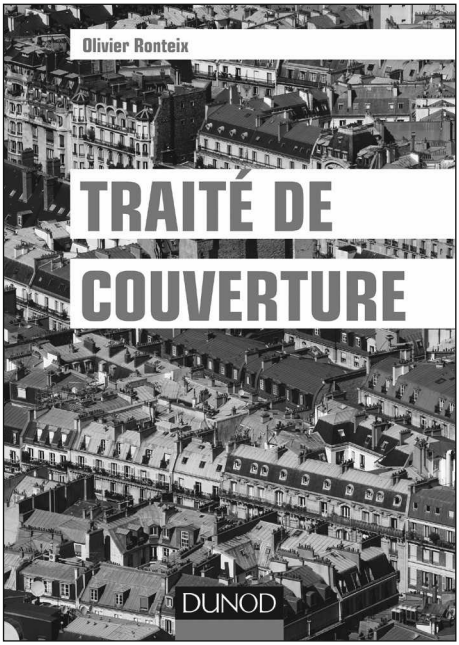
WC à action siphonique 540
WC broyeurs 542
WC chimiques 628
WC suspendus 529

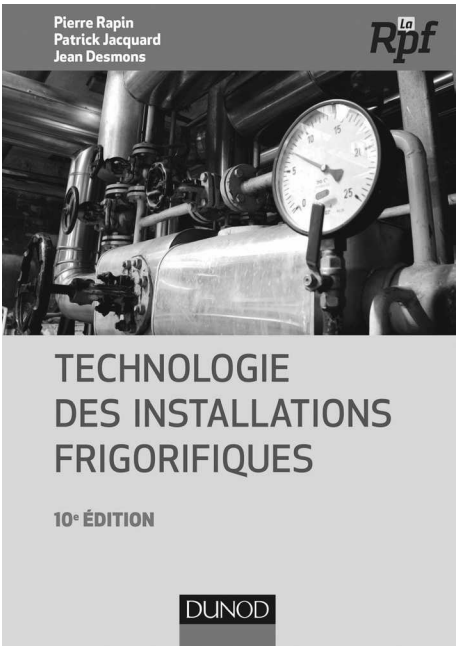
Z

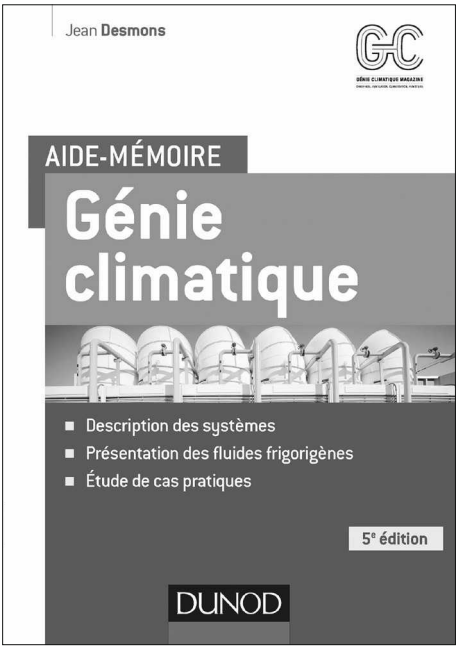
Zamac 107
Zinc 107

DU MÊME ÉDITEUR






Pierre Rapin
Patrick Jacquard
Jean Desmons
La Rpf
TECHNOLOGIE
DES INSTALLATIONS
FRIGORIFIQUES
10e ÉDITION
DUNOD


Jean Desmons
GC
GÉNIE CLIMATIQUE MAGAZINE
AIDE-MÉMOIRE
Génie
climatique
Description des systèmes
Présentation des fluides frigorigènes
Étude de cas pratiques
5e édition
DUNOD